



Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Odontologia de Piracicaba



Murilo de Sousa Menezes

Cirurgião Dentista

Protocolo de tratamento de superfície de pino de fibra de quartzo com H₂O₂

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do Título de Doutor em Clínica Odontológica – Área de concentração em Dentística.

Orientador: Prof. Dr. Luis Roberto Marcondes Martins

Piracicaba

2009

i

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**
Bibliotecária: Marilene Girello – CRB-8^a. / 6159

| | |
|-------|---|
| M524p | <p>Menezes, Murilo de Sousa. Protocolo de tratamento de superfície de pino de fibra de quartzo com H₂O₂. / Murilo de Sousa Menezes. -- Piracicaba, SP: [s.n.], 2009.</p> <p>Orientador: Luis Roberto Marcondes Martins. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.</p> <p>1. Pinos dentários. 2. Resistência à tração. 3. Microscopia eletrônica de varredura. I. Martins, Luis Roberto Marcondes. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.</p> <p>(mg/fop)</p> |
|-------|---|

Título em Inglês: Surface treatment protocol of fiber-glass with peroxide hydrogeny

Palavras-chave em Inglês (Keywords): 1. Dental pins. 2. Tensile strength. 3. Microscopy, electron, scanning

Área de Concentração: Dentística

Titulação: Doutor em Clínica Odontológica

Banca Examinadora: Luis Roberto Marcondes Martins, Alfredo Júlio Fernandes Neto, Adérito Soares da Mota, Flávio Henrique Baggio Aguiar, Giselle Maria Marchi Baron

Data da Defesa: 06-04-2009

Programa de Pós-Graduação em Clínica Odontológica



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de DOUTORADO, em sessão pública realizada em 06 de Abril de 2009, considerou o candidato MURILO DE SOUSA MENEZES aprovado.



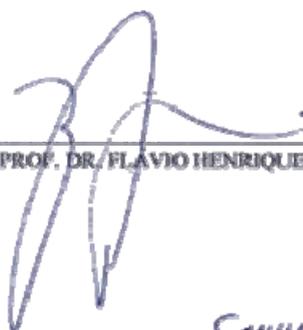
PROF. DR. LUIS ROBERTO MARCONDES MARTINS



PROF. DR. ALFREDO JÚLIO FERNANDES NETO



PROF. DR. ADÉRITO SOARES DA MOTA



PROF. DR. FLAVIO HENRIQUE BAGGIO AGUIAR



PROF.ª DR.ª GISELLE MARIA MARCHI BARÓN

Dedico este trabalho

A Deus por estar presente em todos os momentos da minha vida e que com infinita bondade me abençoou com mais esta oportunidade.

Aos meus pais Durval e Mirian Menezes

por me ensinarem o caminho, por não pouparem esforços na formação de seus filhos, pelo incentivo incondicional por ensinar a viver com honestidade, lealdade e amor a Deus e ao próximo. Por toda compreensão, carinho, respeito e ilimitado amor dedicado tanto nos momentos difíceis como nos de alegria. Essa vitória também é de vocês. Vocês são grande fonte de exemplo e amor! Serei eternamente grato por tudo que fizeram por mim.

Aos meus irmãos Dante, Danilo, Sabrina e Matheus Menezes que apesar da grande distância e muita saudade, não foi bastante para atenuar nossa amizade e cumplicidade. Distantes fisicamente, se fizeram sempre presentes em meu coração, apoiando os meus sonhos, demonstrando amor, dedicação, compreensão e confiança. Obrigado pelo incentivo na busca do crescimento pessoal e profissional.

À minha esposa Ellyne presente durante 11 anos em minha vida, compartilhando todos os momentos, desde a graduação, colega de faculdade e namorada, até agora esposa amada. Exemplo de companheirismo e dedicação, sempre lutando e auxiliando-me a vencer os desafios pessoais e profissionais. Além disso, seu amor e incentivo me dão forças para seguir em frente e alimentam a certeza de estarmos cada vez mais juntos e unidos. Foi fonte constante de apoio e incentivo sempre ajudando a vencer os desafios impostos por esta vida acadêmica. Admiro-te muito como pessoa e te tenho como verdadeiro exemplo, nunca cansou de lutar e acreditar no nosso amor, mesmo que isso tenha lhe custado a distancia dos familiares. Obrigado por compartilhar comigo mais uma conquista em nossas vidas.

A toda minha família...

...Avôs, tios, sobrinhos, cunhadas, sogros, primos... Que apesar da distância sempre me incentivaram e ajudaram em tudo que precisei.

Agradecimentos especiais

Ao Professor Luis Roberto,

Agradeço a este professor e amigo que além da orientação profissional me ensinou a manter o equilíbrio com a vida pessoal. Poucos são os seguidores da área acadêmica que tem tamanha maturidade para manter este equilíbrio. Sua felicidade contagia todos a sua volta, assim como seu otimismo. Obrigado pelas muitas orientações e por ter sido acolhido pela sua família. Foi um prazer enorme conviver com você, com Suzy e todos os seus familiares. Gostaria de continuar trabalhando com você e quando precisar estarei pronto a ajudar.

Ao meu "tutor" Prof. Carlos

Meu reconhecimento, respeito e agradecimento, a quem aprendi a estimar e respeitar, por seu profundo conhecimento científico e pelos ensinamentos recebidos durante todo o tempo a que me dediquei a área acadêmica. Minha gratidão pelas orientações seguras e precisas, pelo incentivo, confiança e principalmente pelas oportunidades a mim ofertadas. Agora orientador, amigo e também colega de trabalho.

Aos meus amigos Paulo César e Paulo Vinícius, amigos de muito tempo, companheiros de muitas batalhas e muitas conquistas. Tempos turbulentos e momentos de tranquilidade. Torço para que cada um de vocês conquiste seus objetivos de vida. Bons professores, amigos e companheiros de luta. Obrigado pelo convívio em todos estes anos. Trabalhar junto a pessoas desse tipo é uma honra.

Aos grandes amigos que conquistei durante este curso e que tornam a vida cheia de alegrias e certa de apoio nos momentos mais difíceis. Obrigado especialmente ao Amigo André Luis. Cecília, Larissa, Rodrigo, Cristiane e todos os amigos da FOP: Débora, Adriano, Lucinha, Thaianne, Giulliana, Marina, Maria, Cíntia...

Guardo comigo o carinho de cada um de vocês, desde o dia em que cheguei à FOP até os momentos de reencontro, muito sucesso a todos.

***Aos amigos de outros tempos** e que sempre possibilitaram em mim a certeza que a vida pode ser melhor ao lado de quem preza pelo seu sucesso. Obrigado Bruno Barreto, Carolina Guimarães, Carolina Assaf, Fabíola Galbiatti, Fernanda Santana, Gisele Rodrigues, Hugo Carlo, Luis Raposo, Priscilla Soares, Rodrigo Fonseca, Veridiana Rezende, Paulo Simamoto e demais amigos da FOUFU.*

***Aos Professores Luis Alexandre, Flávio e Giselle** obrigado pelos ensinamentos, pelos conselhos, pelos momentos juntos dentro ou fora da Faculdade. Carrego a amizade e o exemplo de vocês como professores e educadores. Desejo que nossos trabalhos não se encerrem por aqui.*

***Aos Professores da FOUFU Roberto Elias, Paulo Quagliatto, Flávio , Ricardo, Denildo, Célio...** É muito bom estar ao lado de vocês e procurarei estar sempre à disposição para trabalhar e dar continuidade à conquista de vocês frente a esta faculdade. Obrigado.*

***Ao Prof. Alfredo Júlio Fernandes-Neto,** exemplo de sabedoria e humildade. Obrigado por prezar pelo meu crescimento e ajudar sempre na continuidade do exercício profissional. Você é um amigo que muito contribui para minha formação.*

***Ao amigo Prof. Adérito Soares da Mota.** Exemplo de amizade. Sempre disposto a ajudar, companheiro e prestativo. Obrigado pelas orientações e amizade verdadeira.*

Aos Professores da FOP aqui representados pelo Prof. José Roberto Lovadino, Rafael Consani, Marcelo Giannini, Lourenço Correr Sobrinho, Mario Sinhoreti,

Regina Puppin... Obrigado pela oportunidade de conviver com vocês e compartilhar bons momentos de discussão e de trabalho.

Aos funcionários e amigos Mônica e Pedro, muita atenção e alegria, nos momentos de aflição, "bate papo" e de conselhos. Obrigado pela oportunidade de conviver com vocês. Levo a amizade e o respeito de cada um e desejo que Deus os ilumine sempre.

Aos funcionários e amigos FOUFU e FOP-UNICAMP...

À Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas, na pessoa do seu diretor Prof. Dr. Francisco Haiter-Neto, que proporcionou este curso.

A CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão da bolsa de doutorado.

À FAPESP, Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo, pela concessão do auxílio a esta pesquisa (Processo 06/61903-4).

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho...

...meus sinceros agradecimentos.

"Não basta ensinar ao homem uma especialidade, porque se tornará assim uma máquina utilizável e não uma personalidade. É necessário que adquira um sentimento, um senso prático daquilo que vale a pena ser empreendido, daquilo que é belo, do que é moralmente correto."

Albert Einstein

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a resistência de união entre pinos de fibra de quartzo e resina de preenchimento, preliminarmente em função do uso do silano isoladamente e silano associado ao adesivo. Em seguida, em função do condicionamento de superfície do pino com peróxido de hidrogênio (H_2O_2), variando a concentração (24 e 50%) e o tempo de aplicação (1, 5 e 10 min). Propôs-se também, avaliar qualitativamente, por meio de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), a morfologia de superfície dos pinos tratados com H_2O_2 em diferentes protocolos de aplicação, comparativamente ao pino sem nenhum tratamento de superfície. Para avaliar a resistência de união 80 pinos de fibra de quartzo (AESTHETI-PLUS, Bisco) foram divididos, aleatoriamente, em oito grupos ($n=10$): inicialmente, foram testados **(G1)** tratado apenas com silano e **(G2)** tratado com silano e adesivo, para definição do grupo controle. Os grupos experimentais **(G3)** tratado com H_2O_2 a 24% por 1 min; **(G4)**, H_2O_2 a 24% por 5 min; **(G5)**, H_2O_2 a 24% por 10 min; **(G6)**, H_2O_2 a 50% por 1min; **(G7)**, H_2O_2 a 50% por 5 min e **(G8)**, H_2O_2 a 50% por 10 min. Em seguida, todos os grupos experimentais receberam aplicação de uma camada de silano (PORCELAIN PRIMER, Bisco) e outra de adesivo (ALL BOND 2, Bisco). Em seguida as restaurações em resina composta (CORE-FLO, Bisco) foram simuladas utilizando moldes de silicones. Após 24h de armazenagem em água a 37°C, as amostras foram submetidas a cortes seriados, perpendiculares ao longo eixo do pino, obtendo amostras com dimensões de aproximadamente 1x1mm, com formato de palito e constituída por resina/pino/resina. As amostras foram submetidas ao ensaio mecânico de microtração à velocidade de 0,5 mm/min até o rompimento dos espécimes. Para análise em MEV, 14 pinos foram divididos em sete grupos ($n=2$): G1 (controle) sem tratamento nenhum; e os outros seis grupos receberam o mesmo tratamento de superfície com H_2O_2 correspondente as amostras do ensaio de microtração, entretanto, sem aplicação de silano e adesivo. Os dados de resistência de união

apresentaram distribuição normal e homogênea e foram submetidos ao teste t-Student para comparar o grupo G1 ao G2. Os resultados mostraram que G2 apresentou valor de resistência de união significativamente superior ao G1, sendo então considerado como controle para posterior comparação aos grupos experimentais. Em seguida, para comparar entre si os grupos tratados com H₂O₂, foi aplicada análise de variância fatorial ANOVA (3x2). Foi também realizado Post Hoc Tests Dunnett, para comparação do grupo controle (G2) aos grupos experimentais (tratados com H₂O₂) em análise de fator único. Os resultados demonstraram que os grupos experimentais apresentaram valores de resistência de união semelhantes entre si e superiores ao controle (G2). As imagens de MEV demonstraram que o tratamento de superfície com H₂O₂ remove parcialmente a resina epóxica dos pinos expondo as fibras de quartzo. Conclui-se que o H₂O₂ altera a morfologia de superfície dos pinos de fibra de vidro e aumenta a resistência de união entre o pino e resina de preenchimento.

PALAVRAS CHAVE: Pinos Dentários, Resistência à Tração, Microscopia Eletrônica de Varredura.

ABSTRACT

Coupling of fiber posts to composites is hampered by absence of chemical union between epoxy-based resins. This study analyzed the effect of surface treatments of glass fiber posts on bond strength to resin cores. A total of 94 fiber posts (AESTHETI-PLUS, Bisco) were randomly divided into eight groups, according to the surface pre-treatments performed (n=10): (G1), silanization; (G2), silanization and adhesive. Six experimental groups: (G3) 24% hydrogen peroxide (H₂O₂) for 1 min; (G4), 24% H₂O₂ for 5 min; (G5), 24% H₂O₂ for 10 min; (G6), 50% H₂O₂ for 1min; (G7), 50% H₂O₂ for 5 min and (G8), 50% H₂O₂ for 10 min. This was followed by silanization (PORCELAIN PRIMER, Bisco) of the exposed quartz fiber to enhanced their chemical bonding to core composite and application of bonding agent (ALL BOND 2, Bisco). Two posts of each experimental group and two posts without the treatment were investigating the morphologic aspect surface post. The composite resin (CORE-FLO, Bisco) was used for the core build-up in ten remaining posts of each group. The samples were cut so as to obtain microtensile sticks that were loaded in tension at cross-head speed of 0,5mm/min until failure. Data were statistically analyzed. SEM examination showed pretreatment with H₂O₂ modifying the fiber post surface. The post-core strengths achieved in G2 were significantly higher, than G1. The experimental groups G3, G4, G5, G6, G7 and G8 were similar and significantly higher, than G2. In conclusion the adhesive and silane enhanced the interfacial strength between them and core material. The hydrogen peroxide modified the surface morphology of fiber post and also significantly enhanced the interfacial strength between them and core material.

Key Words: Dental Pins, Tensile Strength, Microscopy Electron Scanning.

SUMÁRIO

| | |
|------------------------------|----|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 01 |
| 2 REVISÃO DA LITERATURA..... | 05 |
| 3 PROPOSIÇÃO..... | 27 |
| 4 MATERIAL E MÉTODOS..... | 28 |
| 5 RESULTADOS..... | 39 |
| 6 DISCUSSÃO..... | 64 |
| 7 CONCLUSÃO..... | 71 |
| REFERÊNCIAS..... | 72 |
| ANEXOS..... | 78 |

1- INTRODUÇÃO

A reabilitação estética e funcional de dentes tratados endodonticamente, com perda de grande quantidade de estrutura coronária, requer utilização de retentores intrarradiculares como forma adicional de estabilizar e reter o material restaurador (Assif & Gorfil, 1994; Christensen, 1996). Nas últimas décadas, o uso de sistemas de pinos não metálicos têm se tornado alternativa viável aos tradicionais núcleos metálicos moldados e fundidos (Christensen, 2004). Pinos de resina reforçados por fibras unem-se adesivamente à dentina, por meio de sistemas resinosos, formando um complexo estrutural mecanicamente homogêneo (Santos Filho *et al.*, 2008). Isso ocorre devido à semelhança das características biomecânicas destes materiais com a dentina (Malferrari *et al.*, 2003), o que favorece a distribuição das tensões ao remanescente radicular (Oliveira, 2002; Qualtrough & Mannocci, 2003) e resulta em menor risco de fraturas catastróficas (Isidor *et al.*, 1996; Ferrari *et al.*, 2000; Newman *et al.*, 2003; Barjau-Escribano *et al.*, 2006; Zarone *et al.*, 2006, Santos Filho *et al.*, 2008).

Estes sistemas de pinos apresentam, ainda, economia de tempo clínico, menor custo e facilidade de remoção na necessidade de novo tratamento endodôntico (Frazer *et al.*, 2008). As principais fibras utilizadas como reforço dos pinos de resina são as fibras de carbono e vidro. Os pinos de fibra de carbono possuem coloração escurecida que permite distingui-los facilmente do remanescente dentário. Já os pinos de fibra de vidro são translúcidos ou brancos, o que os tornam mais estéticos e semelhantes à dentina, podendo gerar maior dificuldade na remoção, quando comparados aos pinos de fibra de carbono.

Estudo retrospectivo com pinos pré-fabricados de fibra e resina desenvolvidos por diferentes profissionais em suas atividades clínicas de rotina mostrou falha de 35% e durabilidade média de 6,7 anos (Segerstrom *et al.*, 2006). Relata-se que 32% dos dentes restaurados com este sistema de pino foram extraídos devido a fraturas, lesão periapical e doença periodontal. O sucesso

longitudinal de restaurações ou reabilitações protéticas de dentes tratados endodonticamente depende também da qualidade da restauração (Schwartz *et al.*, 2004) e da habilidade clínica do profissional. Entretanto, deve-se ter precauções para sua utilização (Segerstrom *et al.*, 2006), não extrapolando suas indicações e limitações. Estes achados justificam a crescente presença de estudos envolvendo este tipo de retentor, quer avaliando suas propriedades mecânicas (D’Arcangelo *et al.*, 2007; Soares *et al.*, 2008) ou a interação com a estrutura dentária (Menezes *et al.*, 2008).

O comportamento biomecânico desse sistema de pino de fibra não depende apenas das propriedades mecânicas, como dureza e resistência flexural (Soares *et al.*, 2008), mas também da interface de união entre pino, material resinoso e estrutura dentária (Lanza *et al.*, 2005). Dessa forma, tem sido indicada a utilização destes pinos com técnicas adesivas (Mendoza *et al.*, 1997; Ferrari *et al.*, 2000). O sucesso desta restauração está na dependência da efetiva união destes materiais, que possibilita formação de corpo uniforme (Rosenstiel *et al.*, 1998), proporcionando maior aproveitamento das propriedades mecânicas e resultando em melhor distribuição das tensões ao longo da raiz (Oliveira, 2008). Para melhorar a união entre pino e núcleo de preenchimento, aplicação de silano tem sido indicada, para unir quimicamente a resina de preenchimento à fibra do pino.

O silano é uma molécula orgânica bifuncional que possui duas extremidades reativas, uma que reage estritamente com a porção orgânica e a outra com a inorgânica. Entretanto, mesmo com aplicação do silano no pino de fibra a resistência de união ao núcleo de preenchimento em resina composta é ainda relativamente baixa, devido à ausência de união do silano e a matriz de resina epóxica que recobrem as fibras dos pinos (Perdigão *et al.*, 2006).

Dessa forma, são propostos tratamentos de superfície para remoção da resina epóxica superficial e exposição das fibras dos pinos, para aumentar a união química e micromecânica à resina composta (Monticelli *et al.*, 2006b). Estes

procedimentos podem ser divididos, segundo Monticelli *et al.* (2008), em três categorias: (1) tratamentos de superfície com substâncias para otimizar a união química, como a silanização, ou silanização e aplicação de adesivo; (2) asperização da superfície para aumentar a retenção micro-mecânica, por meio do condicionamento ácido, jateamento ou silicatização; ou (3) associação das duas técnicas anteriores. Muitas destas técnicas, como jateamento com partículas de óxido de alumínio (Soares *et al.*, 2008), utilização de substâncias corrosivas como ácido fluorídrico (Vano *et al.*, 2006), permanganato de potássio (Monticelli *et al.*, 2006b), peróxido de hidrogênio (Monticelli *et al.*, 2006a; Monticelli *et al.*, 2006b; Yenisey *et al.*, 2008) e etóxido de sódio tem sido avaliadas (Monticelli *et al.*, 2006b). Comparando-se estas técnicas de tratamento de superfície, o condicionamento com peróxido de hidrogênio é o que tem apresentado melhores resultados, pois além de ser eficiente, apresenta facilidade técnica de utilização (Monticelli *et al.*, 2008), promove dissolução parcial da matriz de resina epóxica (Monticelli *et al.*, 2008) e não causa danos as fibras do pino (Monticelli *et al.*, 2006b).

Estudos mostraram que o peróxido de hidrogênio é capaz de remover parcialmente a matriz de resina epóxica e expor a superfície das fibras para silanização (Monticelli *et al.*, 2006b; Yenisey *et al.*, 2008). Entretanto, não há na literatura clareza a cerca de protocolo específico de utilização do condicionamento do pino de fibra com peróxido de hidrogênio em função do tempo de aplicação e de concentrações adequadas e, ainda, da ação produzida por estes tratamentos e a necessidade de substâncias adicionais aplicadas após tratamento químico.

Diante desse contexto, gerou-se a hipótese de que o adesivo influenciaria na resistência de união entre o pino silanizado e a resina composta. A segunda e terceira hipótese resultante deste contexto respectivamente é que o H₂O₂ aumenta a resistência de união e que quanto maior o tempo de aplicação e a concentração, maior será a remoção da resina epóxica superficial e exposição das fibras,

aumentando significativamente a resistência de união entre o pino e o material resinoso.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Nakabayashi *et al.* (1982) descreveram o primeiro mecanismo de união dentinário confiável ao tecido dentinário. O sistema era baseado no uso da resina 4-META/ metil metacrilato e tri-n-butil borano (MMA-TBB) após o condicionamento da superfície dentinária com solução de ácido cítrico a 10% e cloreto férrico a 3% (solução 10-3). Os autores observaram que a solução removia a lama dentinária e desmineralizava a dentina intertubular subjacente em até 5µm. O cloreto férrico mantinha as fibrilas colágenas expandidas, permitindo que os monômeros resinosos penetrassem através destas e, após polimerização, forma-se nova estrutura denominada de camada híbrida. Essa união micromecânica é responsável pelos altos valores de união obtidos por essa técnica.

Tjan & Nemetz (1992) realizaram estudo com o objetivo de avaliar o efeito do eugenol residual na retenção de pinos Parapost fixados com cimento resinoso quimicamente ativado, por meio de teste de tração. Foram utilizados 70 dentes extraídos, que tiveram as coroas removidas e os canais preparados com 8,0 mm para adaptação dos pinos. Com exceção das amostras do grupo controle, todos os canais foram contaminados com uma gota de eugenol. Também foram testadas diferentes técnicas de limpeza dos canais com água destilada, álcool etílico, solução de ácido cítrico a 25%, acetona e ácido fosfórico a 37% por 60s. A fixação foi realizada com os cimentos Panavia EX e fosfato de zinco. A partir dos resultados, foi possível concluir que o eugenol reduz significativamente a retenção do pino fixado com cimento resinoso. A irrigação do canal com álcool ou ácido fosfórico resultou em maiores valores de retenção.

Assif & Gorfil, em 1994, discorreram a respeito de considerações biomecânicas para dentes tratados endodonticamente. Os autores citaram que a perda de estrutura dentária diminui a habilidade desses dentes em resistir às forças mastigatórias e aumentam o risco de fraturas. Além disso, houve correlação

direta entre o diâmetro da raiz e a capacidade do dente em resistir às forças laterais. Os autores questionaram o uso de retentores com o objetivo de aumentar a resistência à fratura dos elementos dentários. Para isso demonstraram, por meio de modelo geométrico, a distribuição de tensões em dentes anteriores submetidos às cargas mastigatórias. Quando a força foi aplicada na face palatina, o dente sofreu microflexão concentrando tensões de compressão na face vestibular e tensões de tração na superfície palatina. Como são cargas contrárias em superfícies opostas, anulam-se no centro longitudinal do dente que é a região onde se localiza o canal radicular ou o retentor. Desse modo, o retentor intraradicular estaria em uma zona neutra de tensões, sendo pouco influente na resistência dentária. Assim, relatam a necessidade de introdução de técnicas que reforcem a superfície externa da raiz. Os autores afirmaram que o aumento do comprimento e diâmetro de pinos metálicos no interior do canal radicular pode comprometer o prognóstico do dente restaurado e que todos os dentes despulpados restaurados com coroas protéticas deveriam ter margem dentinária envolvida por cinta metálica.

Christensen, em 1996, discutiu as indicações de pino intrarradiculares, reforçando que o maior objetivo é permitir a retenção e estabilidade dos materiais restauradores ao remanescente dentário. O autor relata que núcleos moldados e fundidos vêm sendo gradativamente substituídos pelos pinos pré-fabricados e o uso de retentores intrarradiculares são justificados quando há perda de mais da metade da porção coronária, não se indicando para dentes com pequena perda de estrutura dentária. Em casos onde ocorre a perda de toda coroa dentária, travas antirrotacionais podem ser realizadas na mesial, distal e lingual da superfície interna da raiz, para evitar rotação do retentor.

No mesmo ano, Isidor *et al.*, avaliaram a resistência à fratura de dentes bovinos restaurados com pinos de fibra de carbono. Para isso, quatorze raízes bovinas, com dimensões similares, foram preparadas para receber os pinos, fixados com cimento resinoso. Foi construído núcleo de preenchimento em resina

composta de polimerização química, seguida pela cimentação de coroas metálicas que possuíam, em sua superfície palatina, um anteparo de 45° com o longo eixo do dente. As amostras foram testadas aplicando-se cargas intermitentes de 250N perpendicular à superfície palatina de cada coroa, com frequência de 2 ciclos por segundo. Dois corpos de provas não sofreram danos evidentes após 1.000.000 de ciclos. Entretanto, decidiu-se que, para as demais amostras, a máquina de ensaio mecânico de fadiga seria interrompida após 260.000 ciclos. Os autores compararam os resultados com estudos prévios, conduzidos de forma similar com pinos pré-fabricados e metálicos moldados e fundidos. Os autores concluíram que a proporção de falhas para os pinos moldados e fundidos foi bem maior que para os pinos de fibra de carbono analisados em seu estudo.

Mendonza *et al.* (1997) avaliaram a resistência à fratura de caninos estruturalmente enfraquecidos na área cervical e restaurados com pinos paralelos de titânio e diferentes materiais de cimentação: fosfato de zinco, cimento resinoso Panavia, cimento resinoso C&B Meta-bond e reforço interno do canal radicular com resina composta Z100 e cimentação do pino com agente de união de dupla ativação. As amostras foram testadas com velocidade de 0,5 mm/min num ângulo de 60°. As raízes que receberam a cimentação dos pinos com o cimento Panavia apresentaram maior capacidade de resistir à fratura do que aquelas cimentadas com fosfato de zinco. Assim, os autores relataram que parece ser prudente usar cimentos resinosos para fixação de pinos intrarradiculares, uma vez que a resistência à fratura pode ser significativamente melhorada.

Rosenstiel *et al.* (1998) em revisão de literatura sobre agentes de cimentação, avaliaram diversas propriedades biológicas e mecânicas, e relataram que, quando se utiliza cimento convencional com fosfato de zinco, a retenção depende da geometria e extensão do preparo. Ao se utilizar o cimento resinoso, observou-se aumento considerável na retenção quando comparado aos convencionais e este fato se deve a adesividade deste com o substrato e o retentor intrarradicular.

Pashley *et al.* (1999) em revisão de literatura, descreveram as variações do ensaio mecânico de microtração. Os autores relataram que o objetivo do ensaio de microtração é a obtenção de área de união pequena, com variação de 0,5 e 1,0 mm². Segundo os autores, esta área reduzida permite que as tensões de tração concentrem-se nas interfaces aderidas durante o ensaio mecânico. Outras vantagens relatadas pelos autores, quando comparada ao ensaio mecânico de tração convencional, é que esta técnica permite estudar regiões específicas de uma mesma amostra, bem como obtenção de vários espécimes por amostra. Esta técnica permite medir a resistência de união em diferentes regiões das raízes bem como diferentes tipos de dentina. Os autores concluem que o ensaio mecânico de microtração oferece a versatilidade que não pode ser conseguida pelos métodos convencionais de tração e que, apesar de mais trabalhosa proporciona resultados de resistência de união mais específicos e reais.

Drummond (2000) comparou a resistência adesiva ao cisalhamento por meio de teste de “pull-out” de pino de aço, de fibra de carbono e de fibra de vidro. A superfície oclusal dos terceiros molares extraídos foi removida e os pinos cimentados com cimentos resinosos C & B e Hi-X (Bisco) e sistemas adesivos de passo único, One Step (Bisco), e múltiplos passos, All-Bond 2 (Bisco). Os dentes foram divididos em grupos, sendo que o dos pinos metálicos não foi utilizado sistema adesivo. Para todos os grupos dos pinos de fibras de vidro, utilizou-se adesivo One Step e cimento Hi-X na metade dos espécimes e All-Bond 2 com cimento C & B na outra metade e para os pinos de fibras de carbono, apenas All-Bond 2 e cimento C & B. A resistência adesiva ao cisalhamento foi medida utilizando máquina de ensaio Instron, em carregamento de tração com velocidade de 0,2 mm/minuto. As amostras foram submetidas à análise de microscopia eletrônica de varredura das superfícies dos pinos antes e depois dos mesmos serem submetidos à termociclagem. Não houve diferença significativa na resistência ao cisalhamento entre os tipos de pinos e sistemas adesivos testados.

O desempenho clínico dos pinos de fibra foi analisado por Ferrari *et al.* (2000), que fizeram acompanhamento de casos clínicos por 1 a 6 anos. Foram avaliados os pinos de fibras de carbono (C-Post) e dois de fibras de vidro (Aesthetic Post e Aesthetic Plus Post), em pacientes de 20 a 84 anos. Todos os dentes foram tratados endodonticamente utilizando cimento sem eugenol. Os canais radiculares foram preparados com comprimento de 8 mm permanecendo remanescente obturador apical de 4 mm. Foram utilizados mil trezentos e quatro pinos, com quatro combinações de sistema adesivo e materiais de fixação seguindo as recomendações do fabricante: All-Bond 2 (Bisco) e One Step(Bisco) com cimento C & B (Bisco); Scotchbond Multi-Purpose Plus (3M-ESPE) com cimento Opal e Single Bond (3M-ESPE) com cimento Rely-X ARC (3M-ESPE). As restaurações protéticas foram realizadas em 52% dos casos com coroas metalocerâmicas, 38% coroas cerâmicas e 10% em resina composta direta. Foram realizadas avaliações periódicas dos pacientes a cada 6 meses, que compreendiam em análises clínicas e radiográficas dos dentes em questão. Houve falha em 3,2% dos casos, atribuídos à presença de lesões periapicais (16 dentes) e ao deslocamento dos pinos (25 pinos) no momento da remoção das restaurações temporárias. Não houve diferenças estatísticas significantes entre os quatro grupos testados, confirmando que pinos de fibras em combinação com cimentos resinosos podem ser utilizados rotineiramente, devido ao bom desempenho clínico apresentado.

Boone *et al.* (2001) relataram que os dentes tratados endodonticamente com insuficiente estrutura dentária coronária requerem utilização de pinos intrarradiculares para auxiliar na retenção de sua restauração. Os autores avaliaram a resistência à tração de pinos metálicos fixados com cimento resinoso Panavia21(Kuraray) com preparo para fixação do pino antes e após a obturação; o tipo de cimento usado e o tempo imediato ou após um período de tempo da obturação do canal, utilizando cimentos endodônticos Roth's 801 Elite Grader ou AH26. Cento e vinte caninos humanos foram extraídos e divididos em oito grupos

(n=15), onde foi avaliada a ordem do preparo do espaço para fixação do pino, antes e após a obturação do canal radicular, o tipo de cimento usado e o tempo da cimentação do pino. Os resultados possibilitaram observar que o preparo do espaço para fixação do pino, realizado após a obturação, resultou em maiores valores de resistência à tração do que os realizados antes. Não houve diferença significativa nos valores de retenção em relação à variável tempo de fixação do pino independente do tipo de cimento obturador.

Ngoh *et al.* (2001) compararam por meio de teste mecânico de microtração com amostras em forma de palito, a resistência adesiva à dentina do canal radicular com ou sem contaminação por eugenol. Dezoito dentes caninos humanos tiveram suas coroas removidas na junção cimento-esmalte, a porção apical foi removida, permanecendo apenas a região correspondente aos terço médio e cervical. Os espaços dos canais foram alargados com brocas Gates-Glidden e brocas para pinos e as amostras foram seccionadas em fatias, permitindo acesso direto ao canal radicular que, após tratados com duas camadas do líquido do Kerr Root Canal Sealer, o cimento resinoso foi fixado diretamente no preparo do canal, e então, foram seccionados obtendo palitos de 1x1x8 mm. Os espécimes tratados com eugenol líquido obtiveram valores de resistência adesivas significativamente menores que os espécimes que não foram tratados com eugenol. Os autores relataram que altas concentrações de tensões não uniformes podem ser desenvolvidas na interface adesivas dente/restauração ao se utilizar espécime com grande espessura. Não houve diferença significativa entre as regiões testadas tanto para o grupo contaminado com eugenol como para o sem contaminação.

Em 2002, Oliveira analisou a distribuição de tensões por meio dos métodos de Fotoelasticidade e Elementos Finitos, produzidas na dentina radicular de incisivo central superior restaurado com diferentes sistemas de pinos intrarradiculares, de fibra de carbono, fibra de vidro, zircônio, aço inoxidável, titânio e metálico fundido (Liga de Cu-Al), utilizando o dente hígido como controle. Por

meio da análise dos resultados, concluiu-se que houve diferenças significativas na distribuição de tensão entre os seis sistemas de pinos testados, sendo que, os pinos de zircônio, aço inoxidável, titânio e metálico fundido, promoveram alta concentração de tensões na região radicular ao longo da interface pino/dentina. Nos pinos de fibra de vidro e fibra de carbono houve distribuição de tensões uniforme ao longo de toda a superfície radicular, não observando concentração de tensões produzida por estes sistemas de pinos. Ao analisar os resultados, concluiu-se que os pinos não metálicos proporcionaram comportamento mais semelhante à estrutura dentinária radicular, minimizando os riscos de falha ou fraturas radiculares.

Pest *et al.* (2002) com o objetivo de comparar o desempenho dos cimentos resinosos quimicamente ativáveis e fotoativáveis, avaliaram a resistência adesiva por meio de ensaio mecânico de “push-out” e as interfaces adesivas por meio de MEV. Foram utilizados cinquenta dentes unirradiculares extraídos e tratados endodonticamente, que tiveram pinos de fibra de carbono e de vidro fixados com diversos sistemas adesivos, materiais de fixação e resinas compostas de baixa viscosidade. O canal foi preparado com 8,0 mm de comprimento. As amostras selecionadas para avaliação em MEV foram seccionadas no sentido do longo eixo do dente e preparadas para avaliação da camada híbrida e análise da formação dos prolongamentos de resina. Todos os grupos apresentaram altos valores de resistência adesiva entre 26,18 e 30,61 MPa, no entanto, houve diferenças significativas entre os cimentos resinosos e as resinas compostas. A análise das MEV possibilitou verificar que, com o uso de compósitos resinosos quimicamente ativáveis, as poucas bolhas observadas estavam na extremidade do pino e nunca na interface adesiva. Os melhores resultados foram observados com os pinos de fibra de vidro associados às resinas compostas fotoativadas utilizadas como agentes de fixação.

Bouillaguet *et al.* (2003) avaliaram a resistência adesiva de cimentos resinosos à dentina radicular em função do fator cavitário, processo de

polimerização e tipo de material de fixação, em função da profundidade em direção a região apical. Quarenta e oito dentes caninos e pré-molares humanos tiveram suas coroas separadas da raiz na junção amelo-cementária, permanecendo remanescente radicular de 12 mm que foi obturada com gutapercha e cimento obturador à base de resina (AH Plus). Os canais foram preparados para inserção dos pinos. As amostras foram divididas em dois grupos: 1- raízes intactas e 2- raízes fracionadas. Para o grupo das raízes intactas os pinos foram fixados utilizando procedimento clínico padrão. Para o grupo das raízes que utilizaram fração da raiz planificada o pino foi inserido diretamente no canal. A fixação dos pinos foi realizada utilizando as associações Single Bond com RelyX ARC, ED Primer com Panavia F e Metabond com Fuji Plus. Todas as raízes foram seccionadas em fatias de 0,6 mm de espessura e, as do grupo de raízes intactas, desgastadas no sentido mésio-distal e então tracionadas até ocorrência da falha. Os autores relataram falhas prematuras durante o preparo das amostras. Todos os cimentos mostraram valores significativamente menores de resistência adesiva em raízes intactas comparadas com as raízes fracionadas. Os autores concluíram que as tensões da contração de polimerização interferem na resistência adesiva, assim como a resistência adesiva é diminuída próxima à região apical.

Foxton *et al.* (2003) avaliaram a resistência adesiva por meio de ensaio de tração nas diferentes regiões do dente, utilizando material resinoso de ativação dupla e diferentes adesivos foto ativados e de dupla ativação com diferentes métodos de polimerização. Foram utilizados 19 dentes pré-molares humanos que após remoção da coroa foram preparados com brocas Parapost e divididos em dois grupos: 1- (n=15) submetidos a teste de microtração (palito) e 2- (n=4) a teste de microdureza. A exposição à luz de ambos, adesivo e resina composta, resultou em valores de resistência adesiva significativamente maior que a ativação apenas química. A exposição à luz também aumentou significativamente a dureza Knoop de ambas as regiões coronal e apical. A fotoativação de adesivos e resinas duais

é necessária para otimizar a adesão a dentina radicular. Os autores discutem sobre a presença de falhas durante a confecção das amostras antes da realização do teste.

Kurtz *et al.* (2003) avaliaram o efeito do cimento endodôntico, agente de união e região radicular na resistência adesiva de três pinos intra-radulares estéticos por meio de teste mecânico de push-out. Vinte e quatro dentes incisivos e caninos superiores humanos foram tratados endodonticamente utilizando guta-percha e cimento Roth's801 ou AH26. Após o período de sete dias o espaço dos pinos foi preparado e o Cosmopost, Fibrekor e Parapost foram cimentados utilizando um ou dois sistemas adesivos, Parapost Cement Conditioner com cimento Parapost, ou One-Step com cimento resinos Hi-X Post self-cure. Essa metodologia permitiu avaliar a resistência adesiva nos terços cervical médio e apical. O tipo de pino e a região afetaram significativamente a resistência adesiva, embora, nenhum cimento contendo eugenol ou o tipo de adesivo afetou a resistência adesiva.

Em 2003, Newman *et al.*, relataram que pinos de fibras envolvidos por resina, apesar de poucas informações em relação às propriedades físicas desses sistemas de pinos, estão sendo utilizados clinicamente por muitos profissionais. Eles compararam, *in vitro*, a resistência e o padrão de fratura de incisivos centrais superiores restaurados utilizando-se três sistemas de pinos de compósito reforçados por fibra. Noventa dentes foram distribuídos entre oito grupos experimentais e um grupo controle de pino de aço inoxidável (Parapost) (n=10). Oitenta dentes foram separados em dois grupos principais denominados canais "estreitos" e "alargados". Para os grupos dos canais "estreitos" os espaços para os pinos foram preparados com as brocas correspondentes aos sistemas utilizados: FibreKor, Luscent Anchors e Ribbond com 1,5, 1,6 e 2,0 mm de diâmetro respectivamente. Para o grupo dos canais "alargados", uma ponta diamantada foi utilizada para ampliar o canal radicular em aproximadamente 2 mm, também os pinos FibreKor, Luscent Anchors e Ribbond, com 1,5, 1,6 e 2,0 mm de diâmetro

respectivamente, foram cimentados. Foram utilizados 20 pinos adicionais Ribbond com as porções coronárias de formato e tamanho diferentes (2 tipos), denominados “Ribbond não padronizados”. Foi simulado o ligamento periodontal e as amostras receberam carregamento tangencial em máquina de ensaio universal a 0,5 cm/min até que a falha ocorresse. Os dados foram tabulados e submetidos à Análise de Variância de dois fatores (ANOVA fatorial) e ao Teste *t*-Student ($\alpha=0,05$). O estudo mostrou que o valor de resistência à fratura de dentes restaurados com pinos de aço inoxidável foi significativamente maior que todos os pinos de fibra estudados. Entretanto, o padrão de fratura ou deflexão dos pinos reforçados por fibras demonstrou que eles são protetores do remanescente de estrutura dentária. Os autores concluíram ainda que o uso dessa nova geração de pinos é promissor; entretanto, estudos clínicos longitudinais são necessários para avaliar seu desempenho.

Qualtrough & Mannocci (2003) em uma revisão da literatura sobre sistema de pinos estéticos, relatam que os pinos estéticos de fibras apresentam vantagens sobre pinos metálicos convencionais. Além da estética, há a possibilidade de serem unidos adesivamente ao tecido dentário, apresentam módulo de elasticidade similar ao da dentina minimizando o risco de fratura radicular.

Malferrari *et al.* (2003) com o objetivo de avaliar o desempenho clínico de pinos de resina epóxi reforçada com quartzo, realizaram estudo laboratorial com dentes tratados endodonticamente por período de até 30 meses após a fixação dos pinos. Foram avaliados 180 dentes em 132 pacientes, que foram restaurados com pinos de fibras de quartzo (Aesthetic-Plus, Bisco) fixados com sistema adesivo All-Bond 2 (Bisco) e cimento resinoso (C & B Resin Cement, Bisco) de acordo com as instruções do fabricante. O núcleo de preenchimento foi realizado com resina (Bis-Core, Bisco) e as restaurações confeccionadas em cerâmica pura ou metalo-cerâmica. Foram avaliados o deslocamento ou fratura dos pinos, fratura do núcleo, da raiz ou falha na cimentação da restauração. As reavaliações foram realizadas com 6, 12, 24 e 36 meses. Os resultados possibilitaram observar

presença de falha coesiva envolvendo a margem do núcleo após duas semanas e duas fraturas adesivas em 2 meses. Essas falhas foram observadas entre o cimento e as paredes da dentina radicular, após a remoção da coroa provisória. As falhas ocorreram em 1,7% no período de 30 meses, porém foi possível recolocar a restauração nos três casos mencionados. Não foram observados problemas na cimentação das restaurações indiretas, fraturas no pino ou remanescente radicular. No período de 30 meses a reabilitação dos dentes tratados endodonticamente demonstrou resultados clínicos satisfatórios. Os autores relatam que os pinos de fibras são biocompatíveis, de fácil inserção, consomem menor tempo clínico e apresenta propriedades e características físicas similares a dentina.

Em 2004, Christensen discorreu a respeito das mudanças de paradigma para o uso de pinos intra-radulares, havendo substituição gradativa dos pinos metálicos por pinos pré-fabricados reforçados por fibra, uma vez que estes são mais fáceis de usar, são estéticos, relativamente baratos, aderem ao cimento resinoso e são de fácil remoção, caso haja necessidade de retratamento endodôntico. Reforçam que os retentores intra-radulares estão indicados para dentes que perderam mais do que a metade da coroa e que sua função principal é dar retenção e estabilidade ao material restaurador coronário. Os autores ainda comentam a respeito de pinos de diferente composição; aço inoxidável, titânio, zircônio, fibra de carbono, fibra de vidro e ainda sugerem uma técnica de inserção de retentores intrarradulares. Finalizaram o artigo indicando como melhor opção de retentores intrarradulares, os pinos reforçados por fibra ou os de liga de titânio.

Goracci *et al.* (2004) desenvolveram trabalho com o objetivo de avaliar as diferentes técnicas de microtração utilizando palito e ampulheta com a técnica de micropush-out na capacidade de medir de forma exata a resistência de pinos de fibras fixados dentro dos canais radulares. Foram utilizados 30 dentes anteriores superiores humanos, que foram tratados endodonticamente e fixados pinos de

fibra de vidro com cimento resinoso específico de cada um dos dois grupos (n=15): grupo A Excite DSC /Variolink II e grupo B RelyX Unicem. Para cada grupo a resistência adesiva foi medida utilizando a técnica de microtração com palito, com ampulheta e com push-out. Foi observado grande número de falhas prematuras (16,9% no grupo A, 25,5% no grupo B) e alto desvio padrão na técnica de microtração utilizando amostras em formato de ampulheta. Quanto a técnica de microtração utilizando amostras no formato de palito, apenas 5 palitos foram obtidos a partir de 6 raízes, onde os espécimes restantes falharam prematuramente, ainda na etapa de corte. Em relação ao teste push-out não houve falhas prematuras, a variabilidade da distribuição dos dados foi aceitável e as diferenças regionais de resistência adesiva nos níveis radiculares puderam ser mensurados. Relativamente, baixos valores de resistência adesiva foram observados para os pinos cimentados. Os autores concluíram que quando se pretende medir a resistência adesiva de pinos de fibras cimentados o teste de push-out parece mais confiável que as técnicas de microtração.

Schwartz *et. al.* (2004), em revisão de literatura que revisou a maioria dos artigos relacionados à restauração de dentes tratados endodonticamente, relata que o sucesso longitudinal de restaurações ou reabilitações protéticas de dentes tratados endodonticamente depende da qualidade da restauração. Segundo os autores existem alguns princípios básicos que são necessários para que se obtenha sucesso clínico para maioria dos sistemas restauradores utilizados em dentes tratados endodonticamente. Dentre eles, ausência de contaminação bacteriana; cobertura de cúspides para dentes posteriores; preservação de estrutura coronária e remanescente radicular; uso de pinos com comprimentos e diâmetros adequados; promover adequado comprimento pra retenção do pino; aumentar a resistência incluindo no preparo a férula e utilização de pinos que permitam reparo no procedimento restaurador. Desta forma a necessidade que haja conhecimento e habilidade por parte do profissional.

Goracci *et al.* (2005), compararam a resistência de união entre dois tipos de pinos de fibra o FRC Postec e Light-Post e também de dois tipos de resina composta utilizados como materiais de núcleo de preenchimento com aplicação ou não do silano na superfície dos pinos. Os resultados do ensaio de micro-tração, com mostras no formato de palito, demonstraram diferença significativa, onde o uso do silano aumentou a resistência de união entre o pino e a resina composta, e que o tipo de pino, o tipo de material de núcleo de preenchimento ou a interação deles não foi fator significativo na resistência de união do pino à resina composta. Os autores relatam que todas as falhas foram adesivas, não ocorrendo no pino ou na resina composta.

Lanza *et al.* (2005) usando o método de elementos finitos tridimensional, compararam a distribuição de tensões na dentina e na camada do cimento (com diferentes módulos de elasticidade) em incisivo central restaurado com pino de aço inoxidável, fibra de carbono ou fibra de vidro. Foi simulada aplicação de força estática de 10 N, num ângulo de 125° em relação ao longo eixo do dente. A tensão máxima de Von Mises variou de 7,5 MPa para dentes com pinos de aço, 5,4 e 3,6 MPa, respectivamente, para os dentes com pinos de fibra carbono associado com cimento de alto e baixo módulo de elasticidade e 2.2 MPa para os dentes com pinos de fibra de vidro. Os autores concluíram que pinos muito rígidos trabalham de encontro à função natural do dente, criando zonas de tensão, cisalhando a dentina e a interface entre o pino e o cimento. Quando a flexibilidade do pino aumenta, a rigidez da camada de cimento não influencia tanto na distribuição de tensões no dente quanto a presença de pinos e cimentos com alto módulo de elasticidade.

Barjau-Escribano *et al.* (2006) avaliaram a resistência à fratura e distribuição de tensões em incisivos superiores restaurados com diferentes sistemas de pinos intra-radulares. O efeito do uso de dois materiais diferentes (fibra de vidro e aço inoxidável) com módulo de elasticidade significativamente diferente foi estudado. Primeiramente, teste experimental de resistência à fratura

foi executado. Os dentes eram seccionados na junção cimento-esmalte, tratados endodonticamente e restaurados com pinos e coroas. Em seguida, o método de elementos finitos foi associado para verificar o padrão de distribuição de tensões no dente restaurado. Os resultados indicaram que os dentes restaurados com pinos de aço inoxidável necessitaram de força significativamente menor para a falha do que os dentes restaurados com pinos 39 de fibra de vidro (520 N versus 803 N). Os pinos de aço inoxidável induziram maior concentração de tensões, indicando pior desempenho biomecânico. Assim, os autores concluíram que os sistemas de pino, onde o módulo de elasticidade seja semelhante ao da dentina é preferido para restaurar incisivos tratados endodonticamente.

Monticelli *et al.* (2006a) avaliaram os efeitos do H₂O₂ no aspecto morfológico da superfície do pino e a influência de diferentes tratamentos de superfície na resistência de união entre pinos e compósitos. Os autores utilizaram 60 pinos DT Light-Post divididos em 5 grupos (n=12): No grupo 1 (G1) foi realizada imersão dos pinos em H₂O₂ 24% por 10 minutos; (G2) H₂O₂ 10% por 20 minutos; (G3) H₂O₂ 20% por 10 minutos, seguido de silanização por 60 segundos; (G4) H₂O₂ 10% por 20 minutos, seguido de silanização por 60 segundos e, como controle, (G5) realizado apenas silanização por 60 segundos. Por meio das micrografias, os autores observaram que o pré-tratamento com H₂O₂, independente do tempo de aplicação ou concentração, apresentaram modificações similares na superfície do pino. Houve uma dissolução parcial da resina epóxica à profundidade de 50 µm, com exposição de maior área das fibras de quartzo, sem causar nenhum dano as mesmas. Da mesma forma, resultados do ensaio mecânico de microtração demonstraram aumento significativo na resistência de união entre pino e resina composta quando o peróxido de hidrogênio foi utilizado, sendo os resultados semelhantes, tanto no grupo tratado com 24% por 10 min ou 10% por 20 min. Os autores observaram, ainda, que a aplicação do silano em combinação com o pré-tratamento com H₂O₂ produziu melhores resultados.

Monticelli *et al.* (2006b) os autores avaliaram a influência de diferentes tratamentos de superfície na resistência de união entre o pino de fibra e resina composta para núcleo. Os autores utilizaram 60 pinos divididos em 10 subgrupos, utilizando 5 diferentes tratamentos de superfície: permanganato de potássio; peróxido de hidrogênio a 10%; etóxido de sódio a 21%; permanganato de potássio associado a hipoclorito de sódio a 10%; apenas silanização (controle). O núcleo de preenchimento foi feito com dois diferentes tipos de resina: A) Core Past XP (Dent Mat) e B) Unifill Flow (GC). Em duas amostras de cada grupo foi realizado análise em MEV. O restante das amostras foram cortado e obtidos espécimes em forma de palito e submetido a ensaio mecânico de microtração em velocidade de 1mm/min. Os resultados obtidos demonstraram interpenetração do adesivo entre as fibras dos pinos e as resinas compostas. Por meio dos resultados de resistência adesiva os autores concluíram que o pré-tratamento da superfície dos pinos aumenta significativamente à união à resina composta independente do tipo de resina utilizada. Concluíram, ainda, que o permanganato de potássio apresentou melhores resultados de resistência à união.

Perdigão *et al.* (2006) avaliaram a influência do efeito do silano na resistência de união de três pinos e reina reforçados com fibra. Cinquenta e quatro incisivos superiores e caninos humanos extraídos foram endodonticamente tratados. D.T. Light Post (DT, Bisco), FRC Postec (FR, Ivoclar Vivadent) e ParaPost Fiber White (PP, Coltène/Whaledent) foram cimentados utilizando cimento resinoso de acordo com instruções dos fabricantes. Como tratamento do pino, a metade dos pinos referente a cada grupo recebeu aplicação de silano (Monobond S, Ivoclar Vivadent). As amostras foram submetidas a ensaio mecânico de push-out avaliando três diferentes regiões radiculares. Segundo os autores, os resultados demonstraram não haver diferença significativa para as regiões radiculares. A variável silano também não resultou em diferença significativa de resistência de união.

Segerstrom *et al.* (2006) em estudo retrospectivo com pinos pré-fabricados com resina epóxica e fibra de carbono, demonstraram falhas média de 35% com média de durabilidade de 6,7 anos. Neste estudo, 32% dos dentes restaurados com estes pinos foram extraídos devido a fraturas (14 dentes), lesão periapical (10 dentes), doença periodontal (5 dentes). A média de tempo funcional até a falha foi de 4,8 anos; entretanto, não padronizaram o protocolo clínico dos pacientes avaliados que poderia influenciar os resultados. Além disso, a quantidade de remanescente dentário é um fator importante para longevidade dos dentes restaurados com pino/núcleo de preenchimento foi um parâmetro ignorado neste estudo. As médias de tempo de longevidade para falha foi de 4,8 anos, e os resultados de estudo de curto prazo com longevidade de tempo é de 3 anos mostram que devem ser utilizados com precauções.

Valandro *et al.* (2006) avaliaram a resistência de união entre pino de fibra de quartzo e cimento resinoso. Os autores utilizarão 30 pinos e testaram 3 diferentes tratamentos de superfície (n=12): G1, condicionamento com ácido fosfórico 32% por 1 min, seguido da aplicação do agente silano; G2, condicionamento com ácido fluorídrico 10% por 1 min, seguido de aplicação de agente silano e G3, utilização do CoJet System seguido da aplicação de silano. Em seguida os pinos foram cimentados em um cilindro (5mm diâmetro e 15 de comprimento) por meio de cimento resinoso. O cilindro foi cortado obtendo espécimes em forma de palito e em seguida submetido a ensaio mecânico de micro-tração em velocidade de 1mm/min. Os autores observaram que a resistência de união do G3 apresentou valores significativamente maiores que G1 e G2. Os autores observaram também que o condicionamento com ácido fluorídrico produz danos as fibras e afeta a integridade do pino.

No mesmo ano, Vano *et al.*, avaliaram a resistência de união entre pinos de fibra e núcleo de preenchimento em resina composta, por meio de ensaio mecânico de micro-tração, e o aspecto da morfologia da superfície do pino, após variar o tipo tratamento de superfície do pino. Os autores utilizaram 110 pinos de

fibra de vidro, que foram tratados por 5 diferentes técnicas. 1) imersão em solução de 24% peróxido de hidrogênio por 10 min e silanização por 60 s; 2) imersão em solução de 10% peróxido de hidrogênio por 20 min e silanização por 60 s; 3) imersão em 4% de gel ácido hidrofúorídrico e silanização por 60 s; 4) silanização do pino por 60 segundos e aplicação de agente de união (G-Bond); 5) silanização do pino por 60 s (controle). Os resultados encontrados por estes autores, demonstraram que a resistência de união entre os grupos com tratamento 1 e 2 foram significativamente maiores que os tratamentos 3,4 e 5, sendo o controle o menor valor entre todos os grupos estudados. Os autores concluíram que o peróxido de hidrogênio e o ácido hidrofúorídrico modificam a morfologia de superfície do pino, e aumentam significativamente a resistência de união entre pino e material de núcleo.

Zarone *et al.* (2006) avaliaram, pelo método de elementos finitos, o comportamento biomecânico de incisivo central superior restaurado com pino e coroa comparado com o dente hígido. Foi aplicada no modelo tri-dimensional do incisivo, força estática arbitrária de 10 N, num ângulo de 125º em relação à superfície palatina da coroa. Diferentes materiais e configurações foram testados: dente restaurado com pino de fibra de vidro, cimentado com cimento resinoso e com coroa cerâmica feldspática; dente restaurado com pino de fibra de vidro, cimentado com cimento resinoso e com coroa em alumina; dente restaurado com pino de fibra de vidro envolvido por resina e núcleo de resina composta confeccionado no sistema CAD-CAM, fixado com cimento resinoso, com coroa feldspática; dente restaurado com pino de fibra de vidro envolvido por resina e núcleo de resina composta confeccionado no sistema CAD-CAM, fixado com cimento resinoso, com coroa em alumina; dente restaurado com pino de fibra de vidro envolvido por cerâmica feldspática, núcleo e coroa em cerâmica feldspática confeccionada no sistema CAD-CAM, fixado com cimento resinoso; dente restaurado com pino de fibra de vidro envolvido por cerâmica com alumina, núcleo e coroa em cerâmica com alumina confeccionado no sistema CAD-CAM, fixado

com cimento resinoso. Os autores observaram que materiais com alto módulo de elasticidade alteram fortemente o comportamento biomecânico comparado com o dente natural. As áreas críticas de concentração de tensões são: interface entre restauração, cimento e dentina; canal radicular e superfície vestibular e lingual. Os materiais com propriedades mecânicas semelhantes às daquelas da dentina melhoram o comportamento biomecânico do dente restaurado, reduzindo as áreas de concentração de tensões.

D'Arcangelo *et al.* (2007) avaliaram 3 tratamentos de superfície na propriedade flexural do pino de fibra. Neste estudo foram utilizados 3 tipos de pinos (n=88 por tipo de pino). Quatro grupos foram preparados para cada tipo de pino (n=22). Como grupo controle os pinos foram utilizados sem nenhum tratamento, como fornecidos pelos fabricantes. Para os Grupos experimentais foram utilizados silanização, condicionamento com ácido fluorídrico, jateamento com óxido de alumínio com 50µm para cada um dos diferentes tipos de pinos. Além do ensaio mecânico de resistência flexural, foi realizado MEV em dois pinos referentes a cada grupo. Os autores concluíram que os tratamentos de superfície testados não influenciaram na resistência flexural dos pinos. A avaliação em MEV revelou presença de micro-retenção, que certamente aumenta as propriedades de retenção. Os tratamentos de superfície mostraram aumento na retenção mecânica sem redução na propriedade flexural.

Frazer *et al.* (2008) avaliaram o tempo necessário para remover o pino reforçado com fibra e pino de titânio. Foram utilizados 40 dentes anteriores extraídos, tratados endodonticamente e montados em blocos de acrílico. Os pinos de fibra foram cimentados com cimento resinoso e o de titânio com ionômero de vidro ou resinoso. Os autores concluíram que o tempo para remoção do pino de fibra de vidro foi significativamente menor que o pino de titânio cimentado com cimento resinoso.

Menezes *et al.* (2008) avaliaram a influência do cimento endodôntico e tempo entre a obturação e fixação do pino, na adesão à dentina intrarradicular. Sessenta raízes de incisivos bovinos foram instrumentadas e divididas, aleatoriamente, em 5 grupos (n = 12): (CI) sem obturação, controle; (SI) obturação com cimento à base de hidróxido de cálcio (Sealer26) e fixação imediata do pino; (S7) Sealer26 e fixação após 7 dias; (EI) obturação com cimento à base de óxido de zinco e eugenol (Endofill) e fixação imediata do pino e (E7) Endofill com fixação após 7 dias. Os pinos de fibra de vidro (Reforpost) foram fixados com sistema adesivo (Scotchbond Multi-Use) e cimento resinoso dual (RelyX ARC). Dez raízes de cada grupo foram seccionadas obtendo 2 discos com 1 mm de espessura por terço: cervical (TC), médio (TM) e apical (TA), e submetidos a teste de “micropush-out” com velocidade de 0,5 mm/minuto. As outras 2 raízes tiveram as interfaces de união analisadas em microscópio eletrônico de varredura. Os valores de resistência adesiva (MPa) foram submetidos à análise de variância empregando ANOVA em esquema de parcelas subdivididas, teste de Tukey e Dunnett ($p < 0,05$): CI-TC: $6,8 \pm 1,5$; TM: $5,4 \pm 1,9$; TA: $4,4 \pm 1,8$; SI-TC: $5,2 \pm 1,6$; TM: $5,0 \pm 2,0$; TA: $4,1 \pm 2,2$; S7-TC: $6,9 \pm 2,0$; TM: $5,4 \pm 1,8$; TA: $4,5 \pm 1,6$; EI-TC: $3,5 \pm 0,8$; TM: $2,2 \pm 0,5$; TA: $1,4 \pm 0,7$; E7- TC: $6,6 \pm 1,7$; TM: $4,4 \pm 1,4$; TA: $2,4 \pm 0,6$. O cimento Endofill interferiu negativamente na adesão em toda a extensão radicular, quando o pino foi fixado imediatamente e, no terço apical, quando fixado após 7 dias. A resistência adesiva decresceu no sentido coroa ápice em todos os grupos estudados.

Monticelli *et al.* (2008) por meio de revisão de literatura avaliaram a união de pinos de fibra a cimentos resinosos e resina composta, baseados nos resultados de artigos científicos completos listados na Pub Med. Os autores conduziram a avaliação de diferentes materiais utilizados para cimentação de pinos na dentina radicular. Estudos “In vitro” investigaram diferentes combinações de sistemas adesivos e agentes de cimentação para aumentar a resistência de união. Os autores relatam que a longevidade dos procedimentos restauradores

com sistemas de pinos de fibras está diretamente relacionada à retenção e estabilidade do pino e da resina do núcleo de preenchimento e à qualidade da união entre as interfaces dos diferentes materiais. A maioria dos dados da literatura avaliada é baseada no estudo que investiga diferentes tratamentos de superfície dos pinos. Os autores relatam que de acordo com os resultados dos estudos laboratoriais, o condicionamento de superfície dos pinos de fibra aumenta a resistência de união do pino pré-fabricado de fibra e dos materiais resinosos de forma satisfatória. Eles relatam que ao se comparar as técnicas de tratamento de superfície, o peróxido de hidrogênio, é o que tem apresentado melhores resultados por ser eficiente, apresentar facilidade técnica de utilização. Os autores encerram a revisão relatando a necessidade de mais estudos clínicos.

Santos-Filho *et al.* (2008) avaliaram os efeitos de pinos intrarradiculares e de seu comprimento na deformação e resistência à fratura de raízes com tratamento endodôntico. Os autores verificaram que para todos os tipos de pinos a redução em seu comprimento resultou em aumento das deformações, entretanto, os pinos de fibra de vidro apresentaram menores aumentos na deformação radicular comparados aos núcleos metálicos fundidos ou pinos metálicos pré-fabricados. Nos grupos restaurados com pinos metálicos as fraturas tenderam a ocorrer na raiz e nos grupos restaurados com pinos de fibra de vidro essas fraturas ocorreram mais frequentemente no núcleo de preenchimento. Os autores concluíram que o núcleo metálico fundido com 10,0 mm de comprimento apresentou os maiores resultados de resistência à fratura e que o pino de fibra de vidro foi efetivo nos três comprimentos utilizados.

Soares *et al.* (2008) analisaram a influência do tratamento de superfície de pinos de fibra e carbono e vidro, utilizando jateamento com partículas de óxido de alumínio (Al_2O_3) com tamanho de 50 μm . Os autores avaliaram as propriedades mecânicas de resistência flexural, módulo flexural e dureza, por meio do ensaio mecânico de flexão de três pontos, com e sem tratamento prévio da superfície (controle) (n=10) e a resistência adesiva por meio do ensaio mecânico de micro-

tração. Quarenta pinos de fibra de vidro e 40 pinos de fibra e de carbono foram submetidos a 4 tipos de tratamento de superfície (n=10): Controle, apenas silano (S); silano seguido da aplicação de adesivo (AS); jateamento com partículas abrasivas de óxido de alumínio, seguido da aplicação do silano (ABS); jateamento óxido de alumínio, seguido da aplicação do silano e aplicação de adesivo (ABSA). Foram utilizadas restaurações indiretas em resina composta (Filtek Z-250), fixadas bilateralmente ao pino com cimento resinoso (Rely-X ARC). Os espécimes testados tinham forma de palito com área de 1mm^2 , submetida à tração em velocidade de $0,5\text{mm}/\text{min}$. A análise estatística demonstrou diferença significativa entre os grupos apenas para o fator tipo de pino para resistência flexural, módulo flexural e dureza. Os pinos de fibra de carbono apresentaram maiores valores médios de resistência flexural, módulo flexural e dureza quando comparados aos pinos de fibra de vidro independente do tipo de tratamento de superfície. Nenhuma alteração na estrutura superficial dos pinos pode ser observada pelas micrografias após tratamento de superfície com jateamento. Os autores relatam que não houve diferença estatística na resistência de união para o tipo de tratamento de superfície. Para o pino de fibra de carbono, o grupo tratado com jateamento óxido de alumínio, seguido da aplicação do silano e aplicação de adesivo (ABSA) resultou valores significativamente menores que o grupo tratado com apenas com silano(S). A análise por meio de microscopia eletrônica de varredura mostrou tanto falhas coesivas em resina quanto adesivas. Frente aos resultados deste trabalho os autores concluíram que o jateamento com partículas de Al_2O_3 não influenciou nas propriedades mecânicas dos pinos, entretanto, produziram alterações indesejáveis da superfície, que reduziram a resistência adesiva ao cimento resinoso. Os autores concluíram, ainda, que para os tratamentos de superfície estudados, quando o silano é utilizado, a aplicação do jateamento com partículas de óxido de alumínio é desnecessário.

Yenisey *et al.*, 2008, avaliaram o efeito de dois solventes químicos, peróxido de hidrogênio e cloridrato de metileno na resistência adesiva ao

cisalhamento de pinos e resina composta. Os autores utilizaram 24 pinos de fibra de quartzo (LIGHT-POST) e vidro (Cytec Blanco). Os espécimes foram divididos em 3 subgrupos (n=8), representando os diferentes tratamentos de superfície, incluindo aplicação do agente silano: G1, condicionamento com peróxido de hidrogênio à 10% por 20 minutos; G2, cloridrato de metila por 5 segundos em temperatura ambiente e G3, tratado apenas com silano, servindo como grupo controle. Para o núcleo de preenchimento foi utilizada resina composta de dupla polimerização. As amostras foram submetidas a ensaio mecânico de cisalhamento com velocidade de 0,5 mm/min. Os autores analisaram ainda o efeito do tratamento de superfície no pino por meio de MEV. Como resultado os autores encontraram que os grupos tratados com peróxido de hidrogênio apresentaram valores de resistência adesiva superiores aos demais grupos analisados. A análise em MEV permitiu observar que a superfície do pino foi modificada após as técnicas de tratamento químico de superfície. Os autores concluíram que a resistência adesiva do pino de fibra a resina composta foi aumentada devido a do peróxido de hidrogênio dissolver a matriz de resina epóxica dos pinos. Os autores concluíram, ainda, que cloridrato de metila não foi eficaz para aumento da resistência de união entre os pinos e a resina composta.

3 PROPOSIÇÃO

Este trabalho teve como objetivo estabelecer um protocolo de tratamento de superfície de pinos de fibra de quartzo, por meio da avaliação da resistência de união entre o pino e a resina composta, preliminarmente em função do uso ou não de adesivo, e após condicionamento de superfície com peróxido de hidrogênio (H_2O_2), variando:

- 1) Concentração do H_2O_2 (24 e 50%);
- 2) Tempo de aplicação do H_2O_2 , (1, 5 e 10 minutos).

Além disso, propôs-se avaliar, qualitativamente, por meio de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), a morfologia de superfície dos pinos tratados com os diferentes protocolos de aplicação de peróxidos de hidrogênio, comparativamente ao pino sem tratamento de superfície.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados neste estudo estão dispostos na tabela 1 e ilustrados na figura 1.

Tabela 1- Descrição da composição, lote e fabricante dos materiais utilizados.

| | Produto (Composição) | Lote | Fabricante |
|---------------------------------|---|-------------|--------------------------------|
| Pino de Fibra de quartzo | AESTHETI-PLUS (fibras de Quartzo unidirecional pré-tensionadas unidas por matriz de resina epóxica) | 0700004225 | Bisco, Inc, Schaumburg, USA |
| Tratamento superfície | PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO 24% (H ₂ O ₂) | 29240 | Dinâmica, SP, Brasil |
| | PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO 50% (H ₂ O ₂) | 28133 | Dinâmica, SP, Brasil |
| Resina Composta | CORE-FLO Ethoxylated Bisphenol A dimethacrylate (10-20%); carga de vidro (40-80%; Triethyleneglycol dimethacrylate (5-15%); sílica amorfa (1-15%); Bisphenol A diglycidyl-methacrylate (5-30%) | 0700008216 | Bisco, Inc, Schaumburg, USA |
| Silano | PORCELAIN PRIMER Etanol (30-70%); Acetona (30-70%) e silano (1-10%) | 0700010948 | Bisco, Inc, Schaumburg, USA |
| Adesivo | ALL BOND 2 Bisphenol A diglycidylmethacrylate (15-40%); Urethane dimethacrylate (15-40%); Hydroxyethyl methacrylate (15-40%) | 0700004019 | Bisco, Inc, Schaumburg, USA |

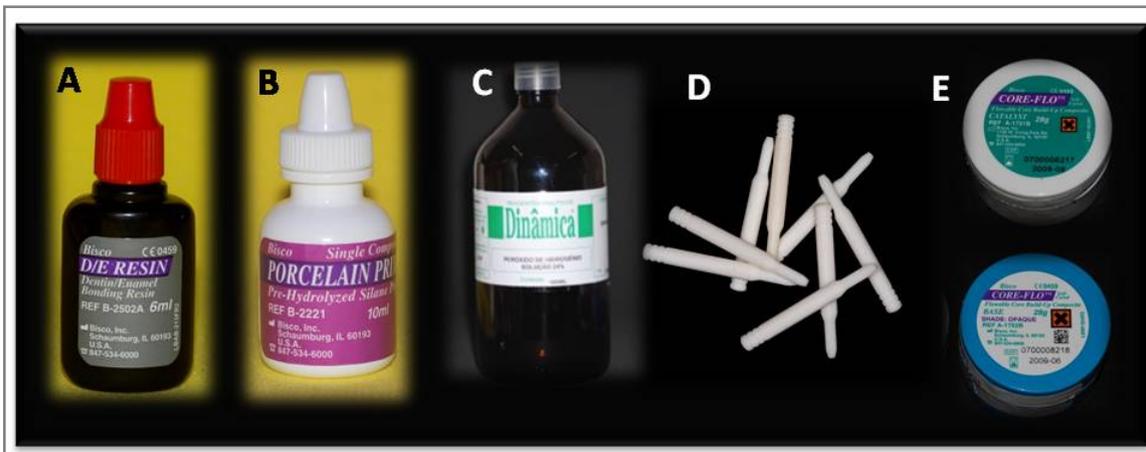


Figura 1 – A) adesivo do sistema ALL BOND 2; B) silano, PORCELAIN PRIMER; C) Peróxido de Hidrogênio, DINÂMICA D) pino de fibra de vidro, AESTHETI-PLUS n°3; E) resina composta, CORE-FLO.

Noventa e quatro pinos de fibra de quartzo, com diâmetro (\varnothing) máximo de 2,1mm, foram utilizados neste estudo. Esses pinos são constituídos por fibras de quartzo pré-tensionadas, de forma paralela, unidas por uma matriz de resina epóxica. São pinos de cimentação passiva e possuem forma de duplo cilindro, onde a parte apical é mais estreita (Figura 2).

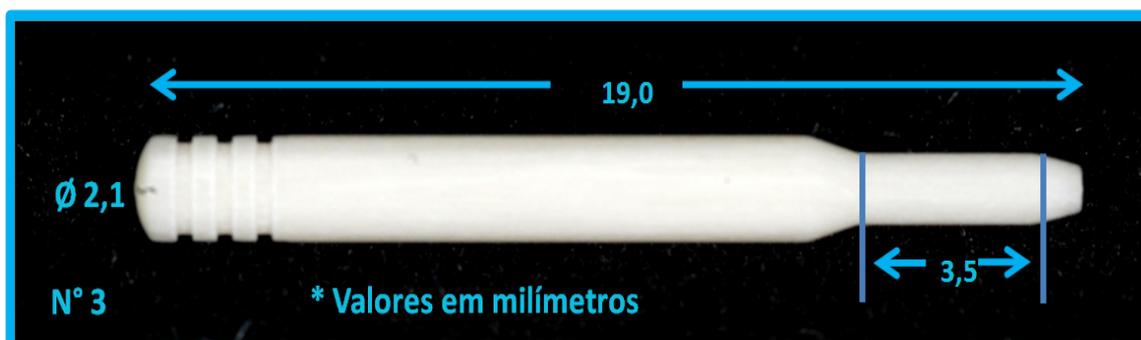


Figura 2 – Dimensões do pino AESTHETI-PLUS n°3.

4.1 - Ensaio mecânico de Microtração

4.1.1- Divisão dos grupos e tratamento de superfície

Para avaliar a resistência de união, 80 pinos de fibra de quartzo (AESTHETI-PLUS, Bisco) foram divididos, aleatoriamente, em oito grupos (n=10): para definição do grupo controle (Figura 3). Inicialmente, foi testado o grupo (G1) tratado apenas com silano por 60 segundos e (G2) tratado com silano por 60 segundos + aplicação de uma camada de adesivo, ambos seguido da confecção do núcleo de preenchimento. Para os seis grupos experimentais (Figura 4), as variáveis estudadas foram: concentração do peróxido de hidrogênio (24 e 50%) e o tempo de aplicação (1, 5 e 10 minutos). Para o tratamento de superfície do grupo 3 (G3), os pinos foram imersos em solução de H₂O₂ à 24% por 1 minuto, lavados em água destilada e secos com jato de ar. Os grupos 4 à 8 foram tratados da mesma forma variando a concentração e o tempo de aplicação do peróxido de hidrogênio: grupo 4 (G4), tratado com H₂O₂ à 24% por 5 minutos; grupo 5 (G5), H₂O₂ à 24% por 10 minutos; grupo 6 (G6), H₂O₂ à 50% por 1 minuto; grupo 7 (G7), H₂O₂ à 50% por 5 minutos e grupo 8 (G8), H₂O₂ à 50% por 10 minutos (Figura 4). Em todos os grupos experimentais foi realizada aplicação de uma camada de silano e outra de adesivo.

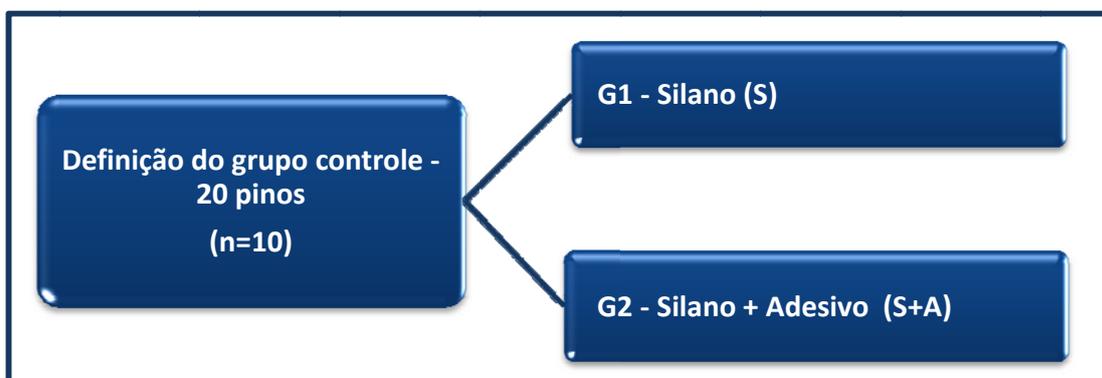


Figura 3 – Ilustração da divisão dos grupos para definição do controle.

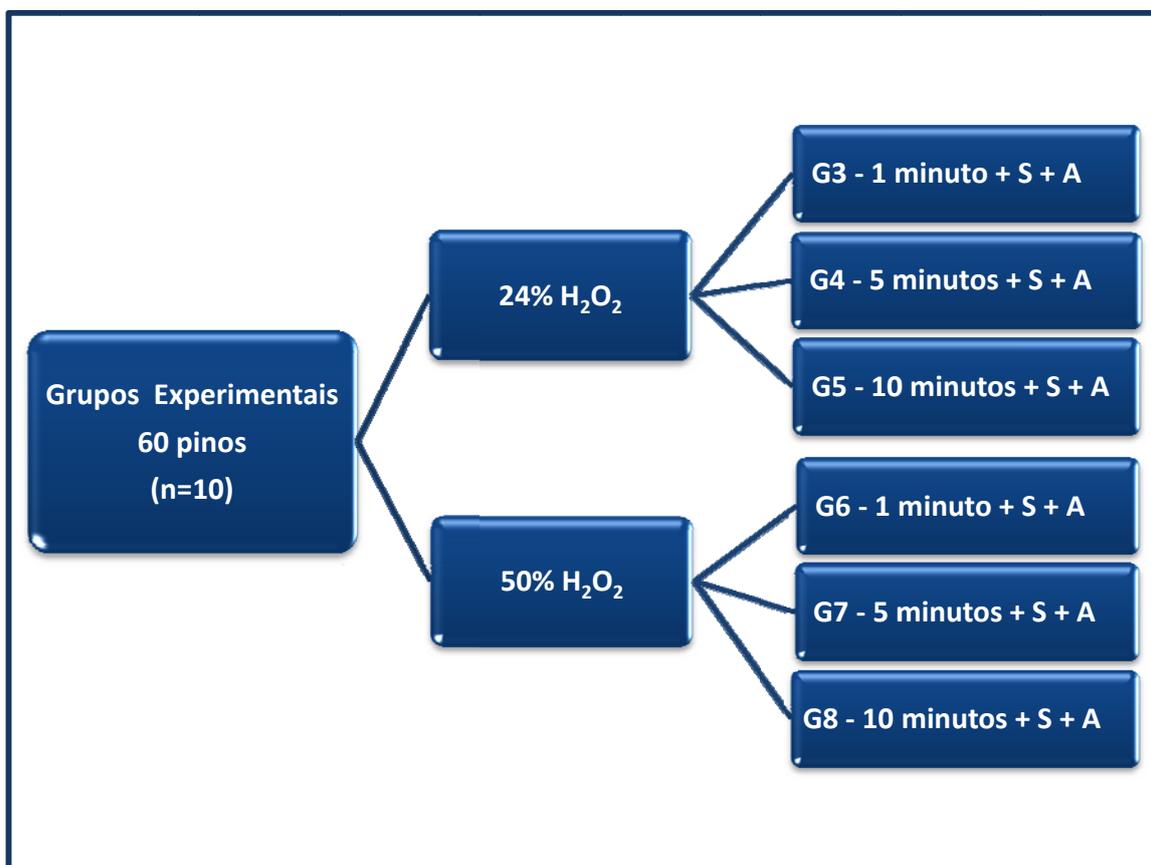


Figura 4 – Ilustração da divisão dos grupos experimentais.

Para o tratamento da superfície, os pinos foram imersos em 2 ml de solução de peróxido de hidrogênio pelos respectivos tempos, dentro de tubos de ensaio. Para a lavagem, os pinos foram imersos 4 vezes em cada um dos 3 tubos de ensaio com água destilada. Em seguida, foram lavados com jatos de água destilada, por meio de uma seringa para insulina. Os pinos foram secos com jatos de ar por 1 minuto. O silano foi aplicado com “micro-brush” e, em seguida, leve jato de ar foi aplicado por 60 segundos, como indicado pelo fabricante. Para todos os grupos, com exceção do grupo G1, foi feita aplicação de uma camada do adesivo do sistema adesivo convencional de três passos (ALL BOND 2), com “micro-brush” (KG brush, KG SORENSEN, Brasil) e fotoativada por 20 segundos,

empregando fonte de luz halógena com intensidade de $600\text{mW}/\text{cm}^2$ (VIP Jr, BISCO, USA). Em seguida, foram confeccionadas as restaurações em resina composta, simulando o núcleo de preenchimento coronário.

4.1.2- Confeção do núcleo de preenchimento e ensaio mecânico de microtração

O núcleo de preenchimento foi confeccionado com resina composta de ativação química para núcleo (CORE-FLO), utilizando molde de silicone por adição (Aquasil LV Ultra, DENTSPLY, USA) obtido de uma matriz formada por pino de fibra e placas de acetato, conforme ilustrado na figura 5. Inicialmente, o pino de fibra (AESTHETI-PLUS n°3) foi posicionado sobre cera utilidade (EPOXIGLASS, Brasil), e duas placas de acetato com dimensões 10x4x1mm foram fixadas com adesivo a base de cianocrilato (Super Bonder, Loctite, Brasil) nas laterais do pino (Figura 5A). A matriz foi retirada da cera (Figura 5B) e o, excesso de cianocrilato, removido com ponta diamantada n°1011 (KG SORENSEN, Brasil). Em seguida, foi realizado com resina composta (Z-350, 3M-ESPE, USA) o acabamento da interface placa acrílica e pino, em ambos os lados, padronizando os núcleos de preenchimento.

A matriz foi novamente posicionada sobre a cera, no centro de um cilindro de PVC de 20 mm de diâmetro e 15 mm de altura (Figura 5C). O silicone de adição foi vertido no cilindro e, após a polimerização, resultou em molde da matriz, cujo interior reservou o espaço do pino e das placas de acetato que, posteriormente, foi preenchido pela resina composta (Figura 5 C, D e F). Foram confeccionados 80 moldes com material à base de silicone, um para cada amostra empregada no ensaio mecânico de microtração.

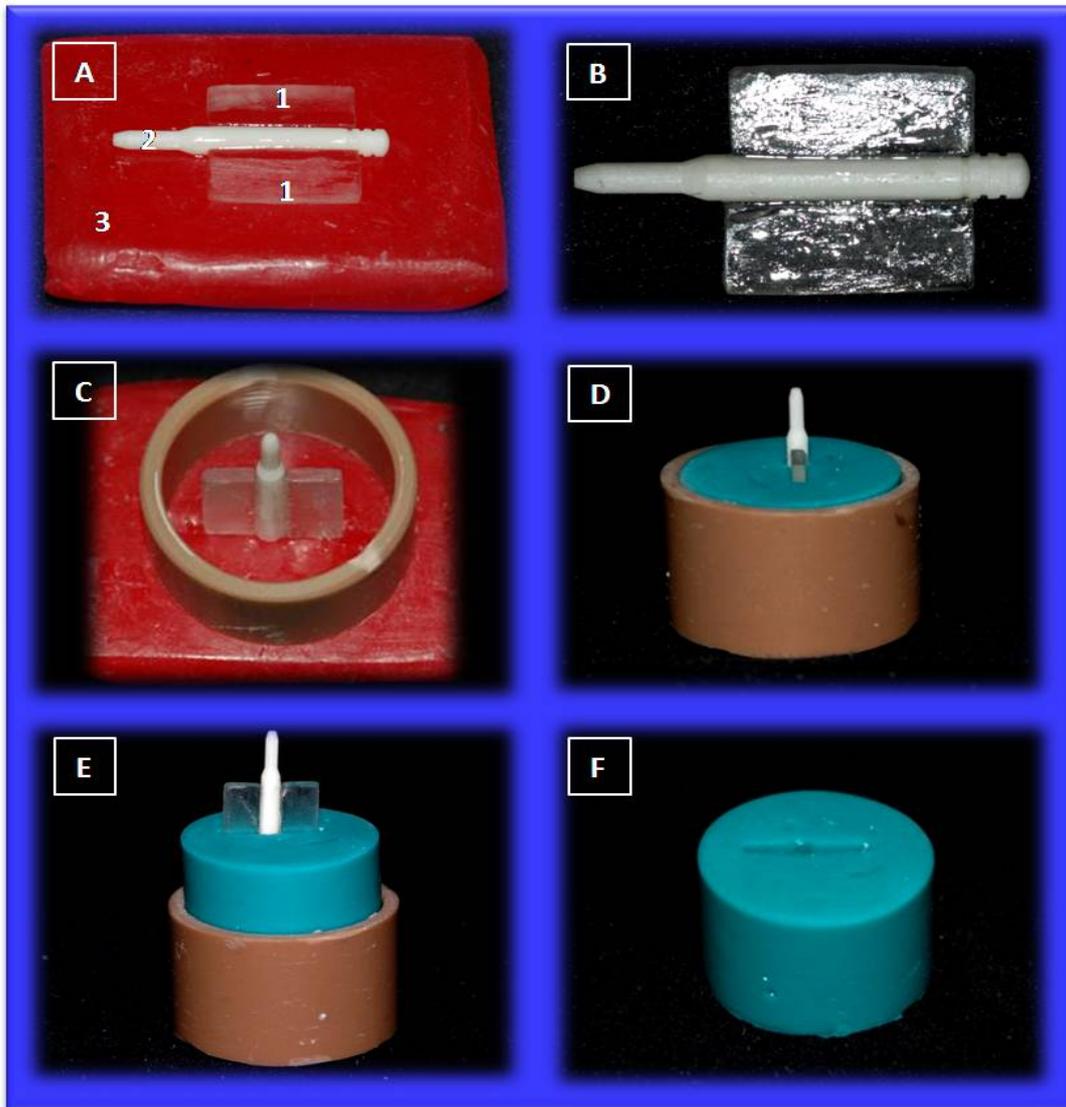


Figura 5 - A) fixação das placas de acetato (1) ao pino de fibra (2), ancorados por uma base de cera utilidade (3); B) matriz composta por pino de fibra e placas de acetato após acabamento; C) adaptação da matriz dentro do cilindro de PVC, ancorados por uma base de cera utilidade; D) matriz embebida em silicone de adição; E) remoção da matriz do interior do molde; F) molde de silicone de adição, com espaço equivalente ao pino e placas de acetato, para posterior preenchimento com resina para núcleo.

Para confecção do núcleo de preenchimento, após o tratamento de superfície específico de cada grupo, o pino foi inserido no interior do molde de

silicone no espaço correspondente ao do pino (Figura 6A). Em seguida, a resina composta foi manipulada com espátula plástica por 15 segundos e inserida, com auxílio de seringa Centrix (DFL, SP, Brasil), nos espaços correspondentes ao núcleo de preenchimento (Figura 6B). Após 30 minutos os moldes foram cortados com lâmina de bisturi (MED BLADE, Med Goldman, SP, Brasil) e as amostras removidas e armazenadas em água destilada a 37°C.

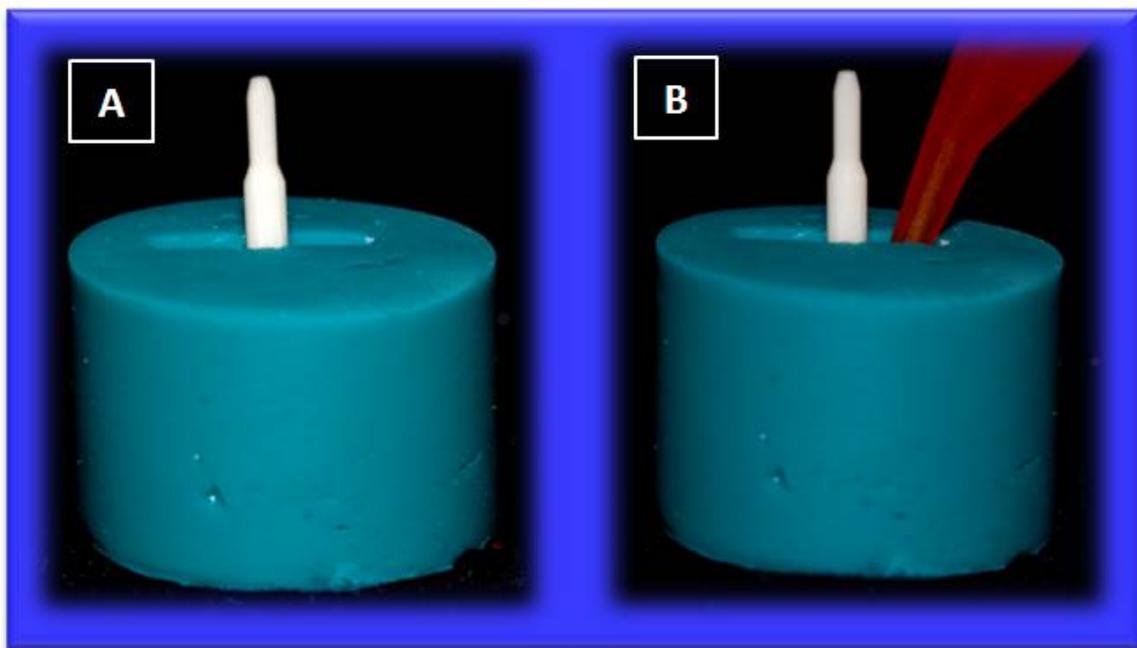


Figura 6 - A) Pino inserido no interior do molde de silicone e B) inserção da resina composta com seringa Centrix no espaço equivalente ao núcleo de preenchimento.

Após 24 horas, as amostras foram fixadas em placas acrílicas com cera pegajosa em bastão (ASFER Ind., Brasil) (Figura 7A) e adaptadas à cortadeira de precisão (Isomet 1000, Buehler, Lake Bluff, IL, USA) (Figura 7B), onde foram realizados cortes seriados, perpendiculares ao longo eixo do pino, utilizando disco de diamante de dupla face (4"x 0,12 x 0,12, Extec, Enfield, CT, USA) refrigerado por água (Figura 7C), em velocidade de corte calibrada em 300rpm. Foram obtidas

4 a 5 fatias por amostra, com dimensões de, aproximadamente, 1x1mm e formato de palito (Figura 7 D e E), constituído por resina/pino/resina (Figura 7 F).

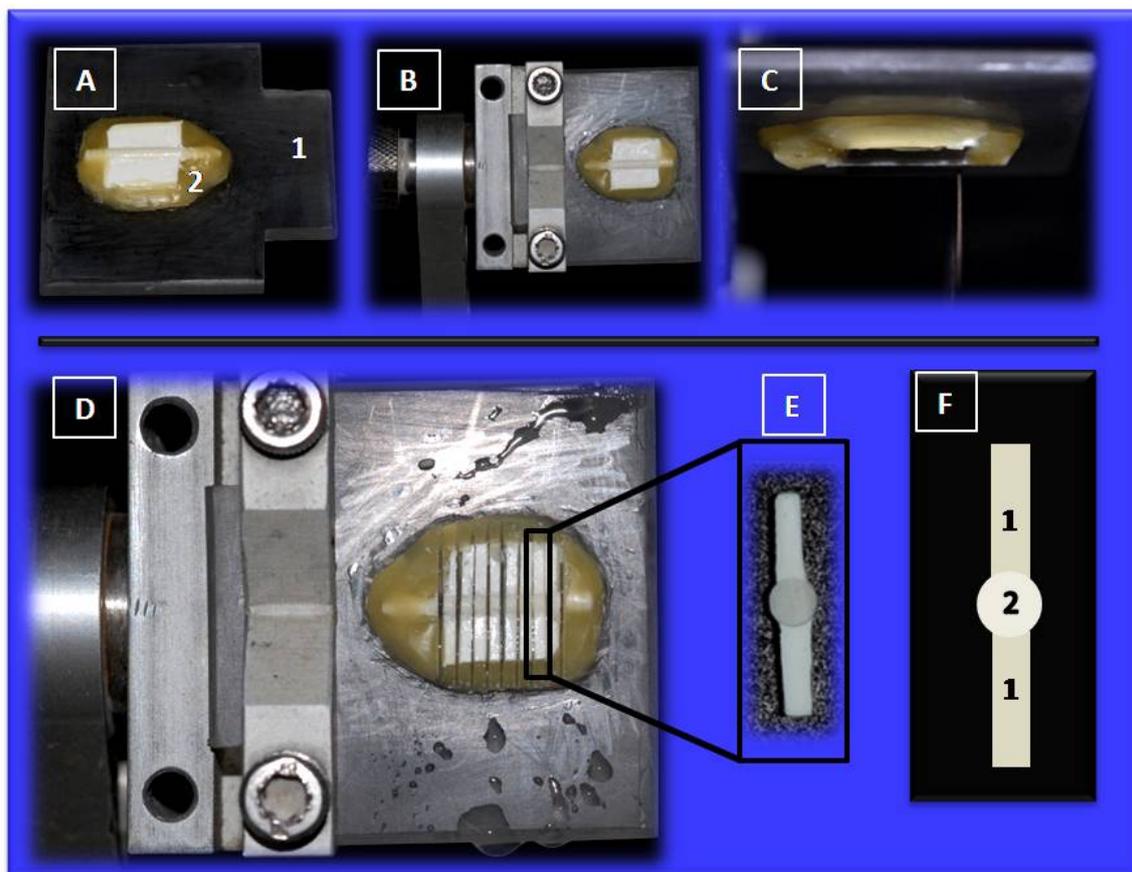


Figura 7 – A) Fixação da amostra na placa de acrílico (1), por meio de cera pegajosa (2); B) Adaptação do conjunto à cortadeira de precisão; C e D) Cortes seriados com disco de diamante refrigerado com água; E) amostra em forma de palito após corte perpendicular ao longo eixo do pino e F) Desenho esquemático da amostra formada por resina (1) e pino (2).

O dispositivo metálico (Geraldeli Device) desenvolvido especificamente para o ensaio de microtração (Patzlaff Biotechnology, SC, Brasil) foi acoplado em uma extremidade na base da máquina de ensaio mecânico (EMIC DL 2000, São José dos Pinhais, Paraná, Brasil) e, a outra, à célula de carga de 20KgF. Em

seguida, foram utilizados três palitos, referentes a cada amostra, e fixados individualmente ao dispositivo (Figura 8) com adesivo a base de cianocrilato e acelerador de presa (Loctite, PK280, SP, Brasil).

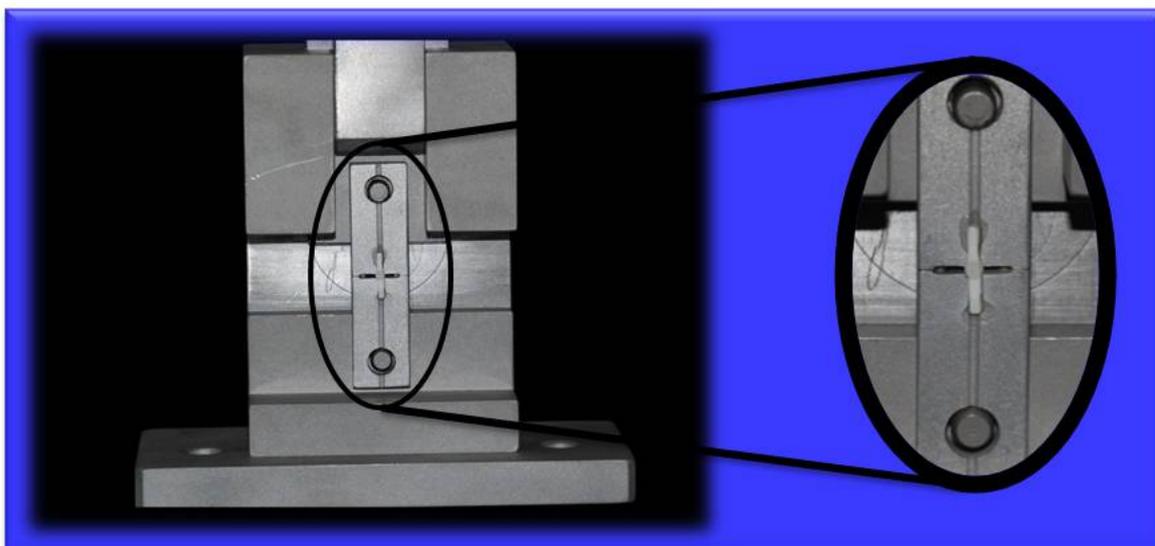


Figura 8- Amostra colada ao dispositivo de micro-tração com adesivo à base de cianocrilato.

Em seguida, a máquina de ensaio mecânico foi acionada em carregamento de tração à velocidade de 0,5 mm/min, até ocorrer o rompimento dos espécimes (Figura 9).

Os valores de resistência de união foram obtidos em Newton (N) e, para serem expressos em Megapascal (MPa), foram divididos pela área da interface adesiva, calculada a partir da mensuração da área de união, com paquímetro digital (S235, Sylvac SA) (Soares *et al.*, 2008). As médias dos valores obtidos pelos três palitos foram consideradas como o valor de resistência de união da amostra (unidade experimental), empregando teste t-Student, para comparar o G1 e G2. Em seguida, foram submetidos à análise de variância ANOVA fatorial (3 tempos de aplicação x 2 concentrações) para comparar entre si os grupos tratados com H₂O₂. Foi realizado também Post Hoc Tests Dunnett, para comparar o grupo

controle (G2) com os grupos tratados com peróxido de hidrogênio em análise de fator único.

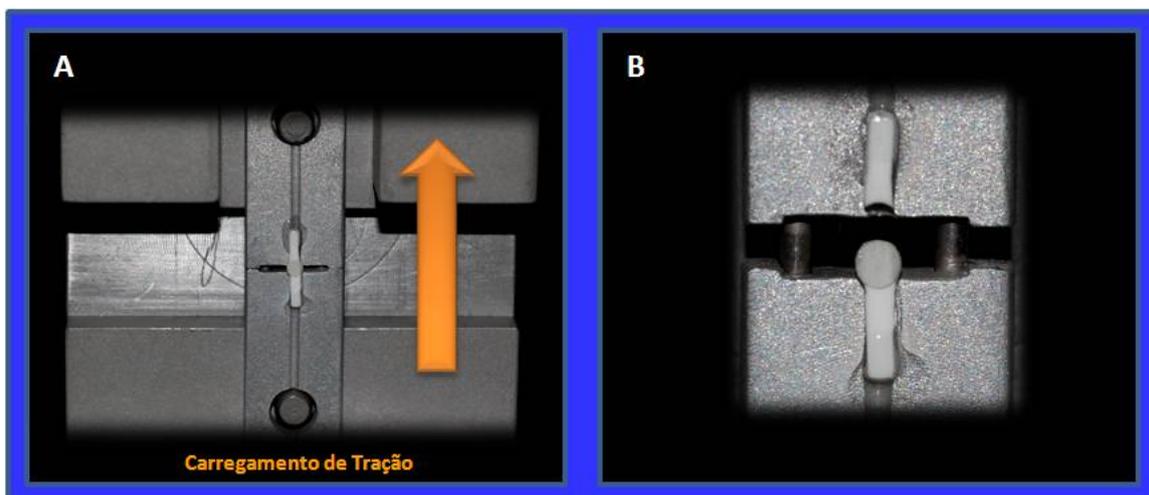


Figura 9 - A) Ensaio de microtração e B) falha da amostra.

Para definição do padrão de fratura, após ensaio de micro-tração, as amostras foram analisadas em lupa estereoscópica (Leica, Hanau, Alemanha) em aumento de 40X e classificadas quanto ao modo de fratura em: coesiva do pino, coesiva da resina, adesiva entre pino e resina e mista (coesiva e adesiva).

4.2- Preparo das amostras e análise em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV)

Para análise do padrão da morfologia da superfície em MEV, 14 pinos foram divididos em 7 grupos (n=2). Um grupo não recebeu nenhum tratamento (controle), utilizado exatamente como é vendido comercialmente. Os outros seis grupos receberam o mesmo tratamento de superfície com H_2O_2 correspondente às amostras do ensaio de microtração, entretanto, sem aplicação de silano e adesivo. Em seguida, todos os pinos foram limpos em cuba ultra-sônica contendo água

destilada por 5 minutos, imersos em álcool 95%, secos com jato de ar e armazenados em estufa a 37°C por 1 hora.

Para metalização, os pinos foram fixados em suportes de alumínio (stubs), por meio de fita de carbono dupla face (Figura 10A) (Electron Microscopy Sciences, Washington 19034 – USA) e revestidos com liga de ouro/paládio (Figura 10B) usando o equipamento evaporador (MED 010, Balzer, USA) por meio do processo de metalização utilizando corrente de 45mA por 90 segundos.

Em seguida, os espécimes foram observados em microscópio eletrônico de varredura (JSM-5600 JEOL USA) com aceleração de voltagem de 20KV, com aumentos padronizados em 250, 500 e 1000x.

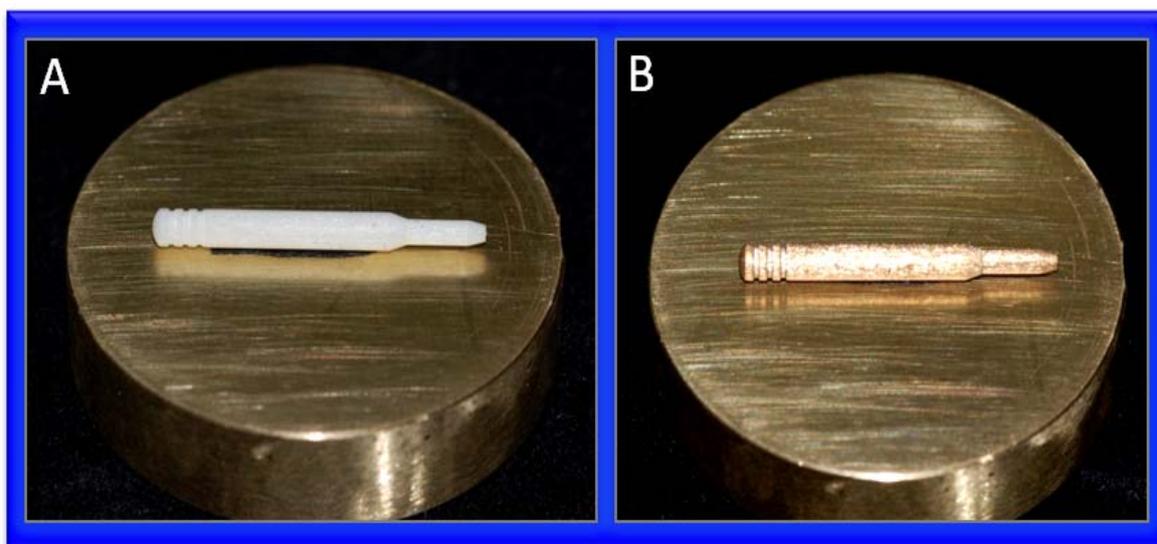


Figura 10 - Pino montado em “stub” antes (A) e após metalização (B).

5 RESULTADOS

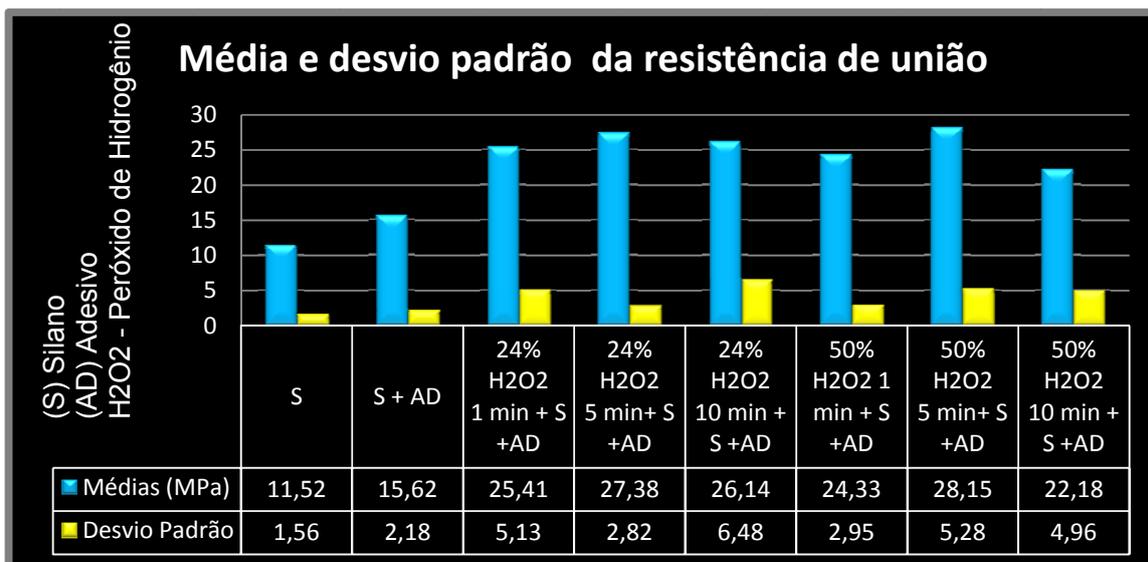
Os resultados estão apresentados em duas seções em função das metodologias empregadas: resistência de união e microscopia eletrônica de varredura.

5.1 - Resistência de união (ensaio mecânico de microtração)

Os valores médios e desvio padrão da resistência de união do ensaio mecânico de microtração estão representados no gráfico 1.

Gráfico 1 - Média e desvio padrão referentes aos valores de resistência de união dos oito grupos estudados (G1 à G8), citados na parte inferior do gráfico respectivamente da esquerda para direita.

Os dados referentes à resistência de união demonstraram distribuição normal e homogênea, possibilitando a aplicação de testes paramétricos para comparação entre as médias.



O grupo tratado apenas com silano (G1) apresentou média de resistência de união 11,52 (1,56) MPa, correspondendo aos menores valores médios de todos os grupos estudados. O grupo tratado com silano e adesivo (G2) apresentou valores de resistência de união significativamente maiores que o grupo tratado apenas com silano, com valores médios de 15,62 (2,18) MPa. O teste T-Student mostrou diferença estatística significativa ($p=0,000$) entre estes dois grupos (Tabela 2), sendo G2 considerado como grupo controle para posterior comparação com os grupos experimentais tratados com peróxido de hidrogênio.

Tabela 2- Valores de resistência adesiva à microtração (MPa) dos grupos tratados com silano e silano e adesivo.

| Grupos | Médias | Desvio Padrão | Significância Estatística^a |
|-----------------------|---------------|----------------------|--|
| Silano (G1) | 11,52 | 1,56 | B |
| Silano / Adesivo (G2) | 15,62 | 2,18 | A |

^a Grupos identificados com letras diferentes apresentaram diferença estatística ($p<0,05$).

Para análise do efeito da concentração do peróxido de hidrogênio e do tempo de aplicação, um modelo fatorial foi executado. Isso possibilitou análise estatística por modelo linear geral, comparando-se as médias em análise de variância 3x2, sendo o fator tempo de aplicação em 3 níveis: 1, 5 e 10 min e o fator concentração do peróxido de hidrogênio em dois níveis: 24 e 50%. Verificou-se não haver diferença estatística significativa para o fator tempo de aplicação ($P=0,050$), para o fator concentração ($p=0,254$) e para a interação entre os fatores ($P=0,300$) (Tabela 3).

Tabela 3- Resultado da análise de variância fatorial (3x2) dos valores de resistência de união dos grupos experimentais após diferentes tratamentos de superfície com peróxido de hidrogênio.

| Grupos Experimentais^b | Médias | Desvio Padrão | Significância Estatística^a |
|--|---------------|----------------------|--|
| 24% H ₂ O ₂ 1 min + S +AD | 25,41 | 5,13 | A |
| 24% H ₂ O ₂ 5 min+ S +AD | 27,38 | 2,82 | A |
| 24% H ₂ O ₂ 10 min + S +AD | 26,14 | 6,48 | A |
| 50% H ₂ O ₂ 1 min + S +AD | 24,33 | 2,95 | A |
| 50% H ₂ O ₂ 5 min+ S +AD | 28,15 | 5,28 | A |
| 50% H ₂ O ₂ 10 min + S +AD | 22,18 | 4,96 | A |

(S) silano, (AD) Adesivo e (H₂O₂) Peróxido de Hidrogênio. Médias e desvio padrão da resistência de união à microtração (MPa) dos grupos experimentais, após diferentes tratamentos de superfície.

^a Grupos identificados com letras diferentes apresentaram diferença estatística ($p < 0,05$) e ^b representação de cima para baixo dos grupos G3 a G8, respectivamente.

Aplicando-se o teste de Dunnett para comparação entre as médias dos grupos experimentais tratados com peróxido de hidrogênio e o grupo controle (G2), tratado com silano e adesivo, verificou-se que o condicionamento com peróxido de hidrogênio, independente do tempo e concentração, resultou em média de resistência de união maior que o grupo controle, não variável em função dos fatores em estudo (Tabela 4).

Tabela 4 - Resultado da análise de variância Post Hoc Tests Dunnett da resistência de união do grupo controle (silano + adesivo) e experimentais após diferentes tratamentos de superfície com peróxido de hidrogênio.

| Grupos Experimentais | Médias | Desvio Padrão | Significância Estatística^a |
|--|---------------|----------------------|--|
| Controle (S+AD) | 15,62 | 2,18 | B |
| 24% H ₂ O ₂ 1 min + S +AD | 25,41 | 5,13 | A |
| 24% H ₂ O ₂ 5 min+ S +AD | 27,38 | 2,82 | A |
| 24% H ₂ O ₂ 10 min + S +AD | 26,14 | 6,48 | A |
| 50% H ₂ O ₂ 1 min + S +AD | 24,33 | 2,95 | A |
| 50% H ₂ O ₂ 5 min+ S +AD | 28,15 | 5,28 | A |
| 50% H ₂ O ₂ 10 min + S +AD | 22,18 | 4,96 | A |

(S) silano, (AD) Adesivo (H₂O₂) Peróxido de Hidrogênio. Médias e desvio padrão da resistência adesiva à micro-tração (MPa) dos grupos controle e experimentais, após diferentes tratamentos de superfície. ^a Grupos identificados com letras diferentes apresentaram diferença estatística ($p < 0,05$).

A observação do padrão de fratura determinou que em todas as amostras as falhas foram adesivas.

5.2- Microscopia Eletrônica de Varredura

O aspecto morfológico da superfície do pino íntegro, sem nenhum tratamento, está caracterizado nas figuras 11, 12 e 13. As alterações morfológicas produzidas nas superfícies dos pinos após tratamento de superfície com H_2O_2 , em função da concentração e tempo de aplicação estão dispostos nas figuras 14 a 31.

O pino sem tratamento de superfície apresentou cobertura quase total das fibras pela resina epóxica, com limitada quantidade de fibra de vidro exposta. Evidenciou-se, ainda, presença de falhas com espaços vazios na interface entre estas duas estruturas (Figura 12). Também foi observado, em maior magnitude, adequada integração entre a resina e a fibra (Figura 13).

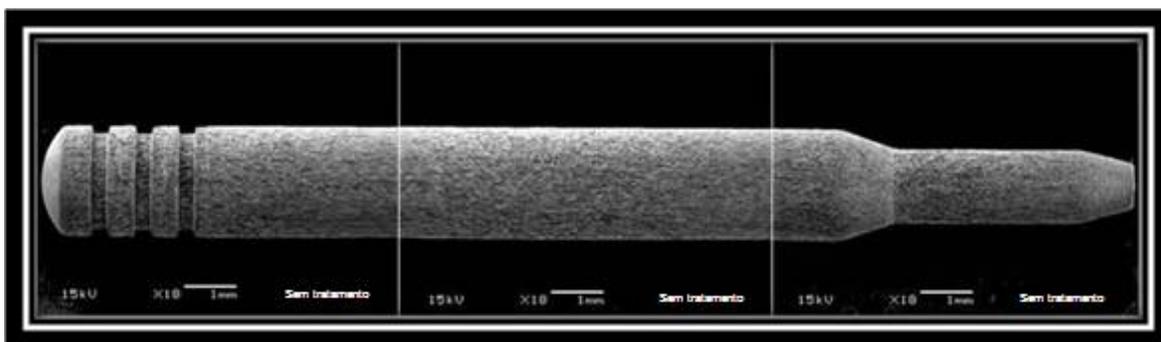


Figura 11 – Montagem sequencial de fotografias em MEV do pino AESTHETI-PLUS nº3 sem nenhum tratamento de superfície.

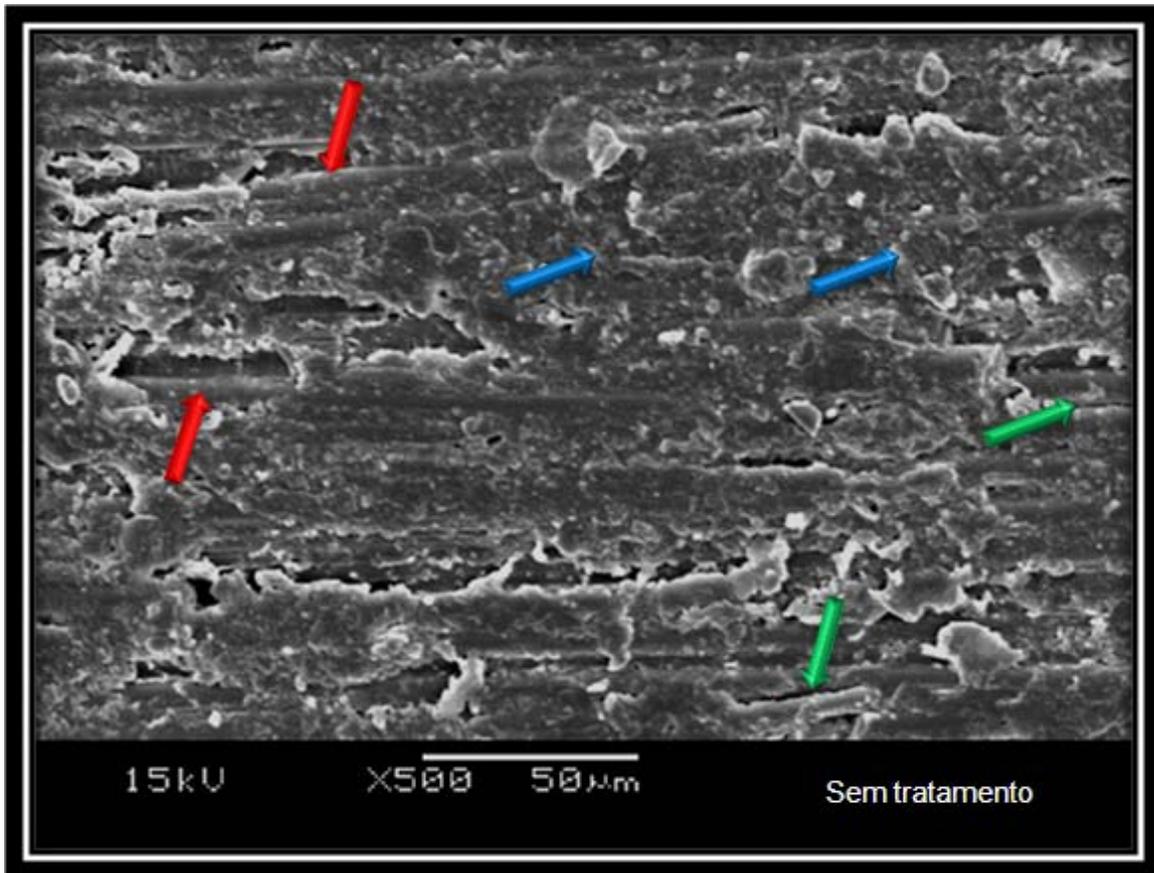


Figura 12 – Fotografia em MEV da superfície do pino sem tratamento de superfície, em magnitude 500X. Observa-se quase total cobertura das fibras pela resina (→) com limitada quantidade de fibra exposta (→); presença de falhas na interface entre estas duas estruturas em alguns pontos (→).

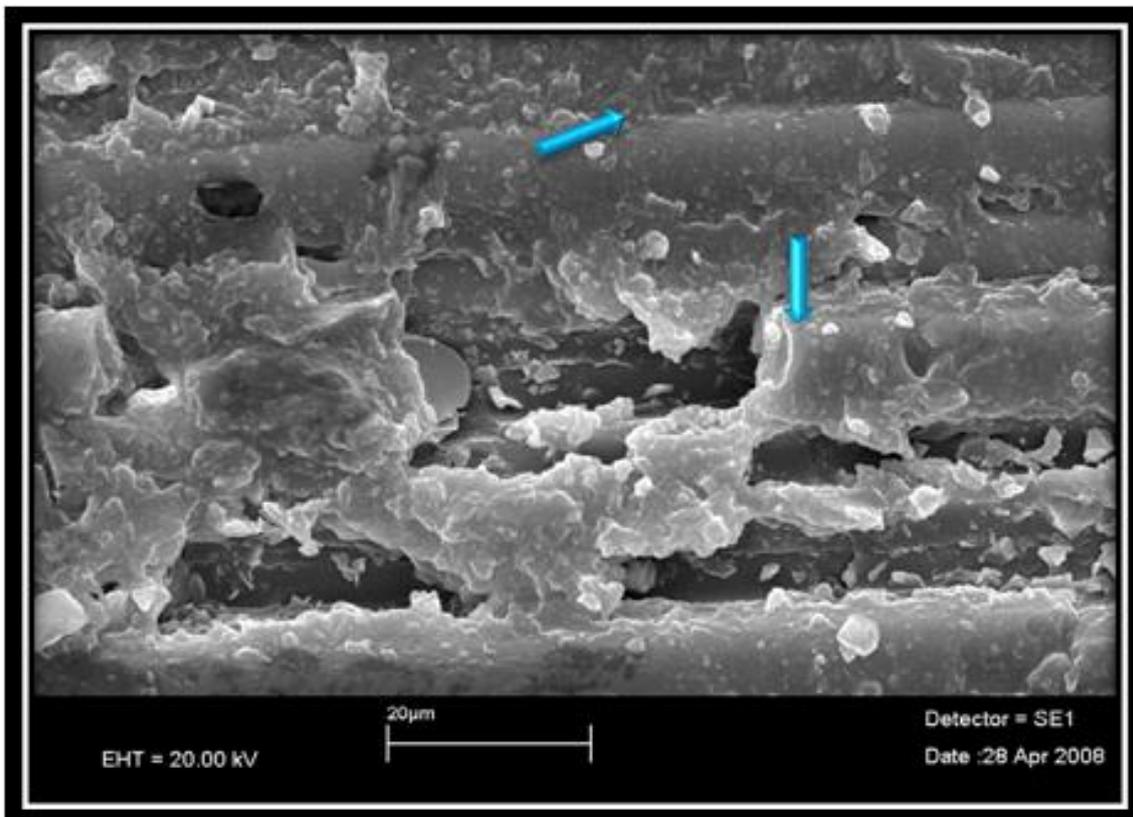


Figura 13 – Fotografia em MEV da superfície do pino íntegro, sem nenhum tratamento de superfície. Observa-se adequada integração entre a resina epóxica e a fibra de quartzo (→).

O condicionamento da superfície do pino com peróxido de hidrogênio, independente das concentrações (24 e 50%) e dos tempos de aplicação (1, 5 e 10 min), produziu alteração morfológica caracterizada pela remoção parcial da resina epóxica, sem evidente dano às fibras de quartzo, porém com diferentes níveis de alteração na interface fibra-resina (Figuras 14 a 31).

Ao analisar a superfície do pino condicionado com peróxido de hidrogênio a 24% com tempo de aplicação de 1 min (Figuras 14, 15 e 16), observa-se ligeira remoção da resina com exposição parcial das fibras (Figura 15). Entretanto, estas

fibras estão parcialmente recobertas pela resina epóxica, e desta forma, sustentada pela resina do corpo do pino (Figura 14). Observa-se ainda grande quantidade de falhas na interface entre a resina e as fibras (Figura 14).

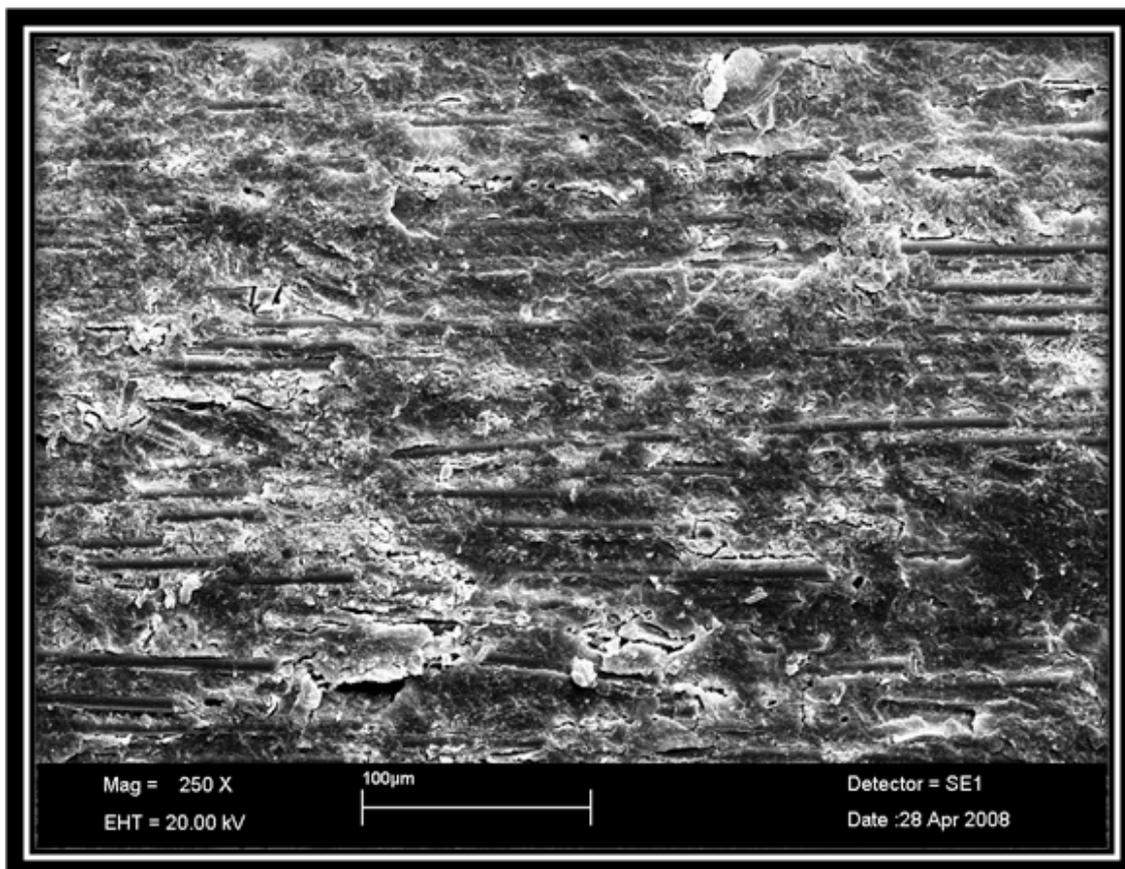


Figura 14 – Fotografia em MEV da superfície do pino tratado com 24% H₂O₂ por 1 min, em magnitude de 250X.

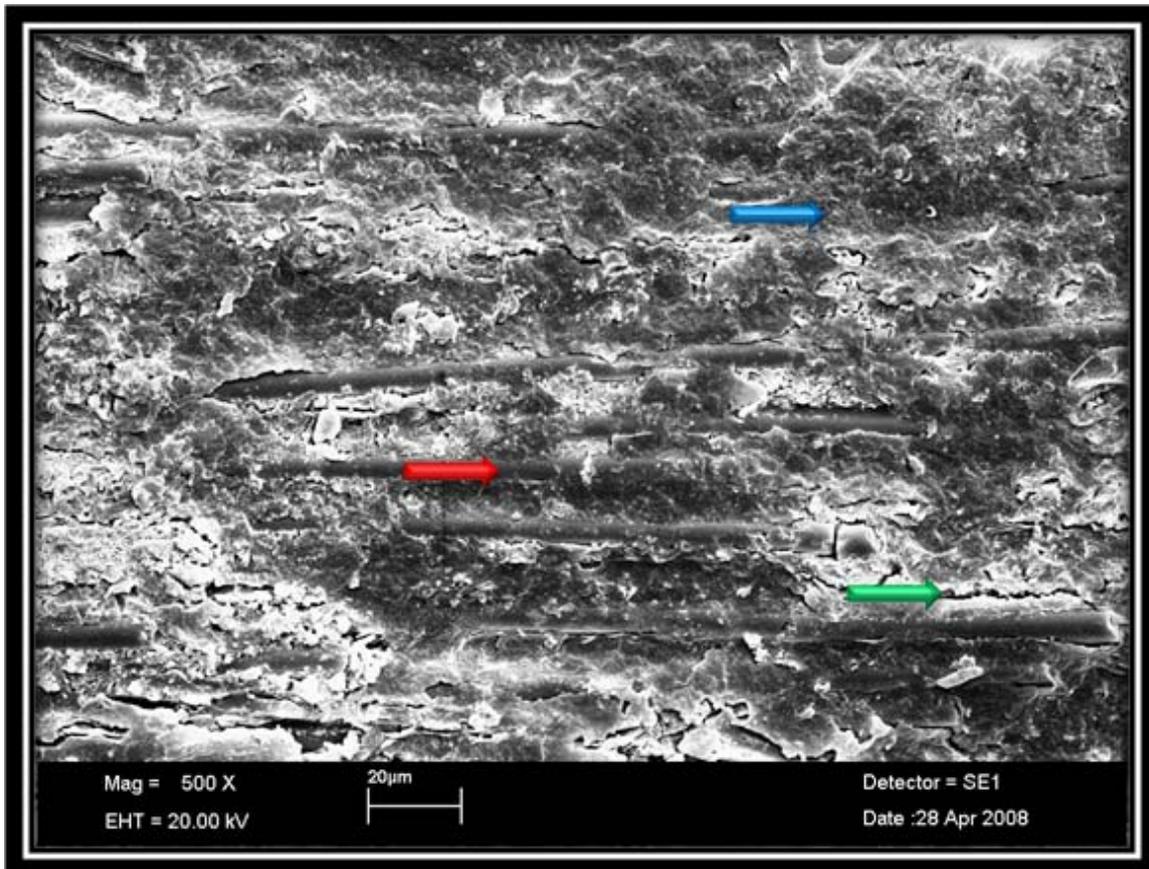


Figura 15 – Fotografia em MEV da superfície do pino tratado com 24% H₂O₂ por 1 min, em magnitude de 500X. Observa-se ligeira remoção da resina com exposição parcial das fibras (→), no entanto sustentada pela resina do corpo do pino (→) e grande quantidade de falhas na interface entre a resina e fibras (→).

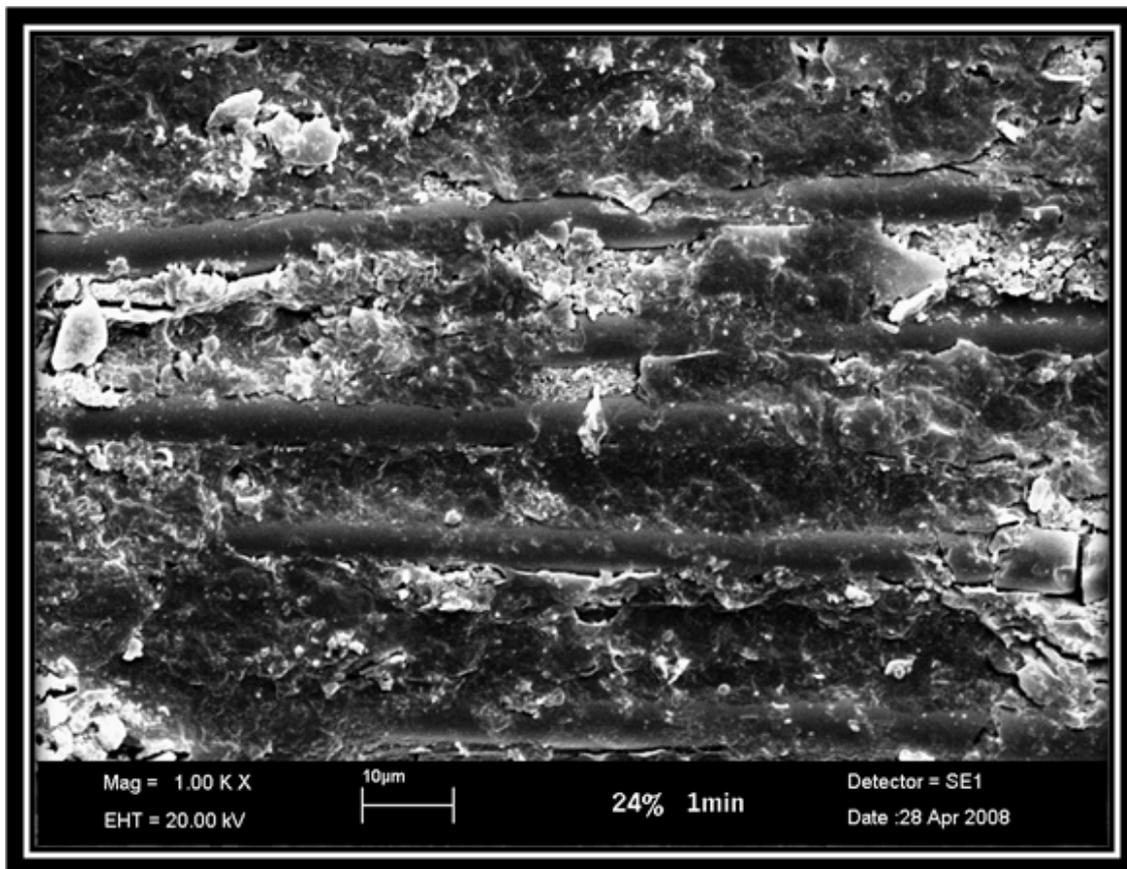


Figura 16 - Fotografia em MEV da superfície do pino tratado com 24% H_2O_2 por 1 min, em magnitude de 1000X.

A superfície do pino condicionado com peróxido de hidrogênio a 24% com tempo de aplicação de 5 min (Figuras 17, 18 e 19), mostra maior remoção da resina epóxica, com considerável exposição das fibras. Observam-se, também, grande quantidade de fibras com trincas na base, entre a resina epóxica e a fibra, e parcialmente deslocadas do corpo do pino, bem como, nichos sem fibras que foram soltas após remoção da resina pelo condicionamento com H_2O_2 .

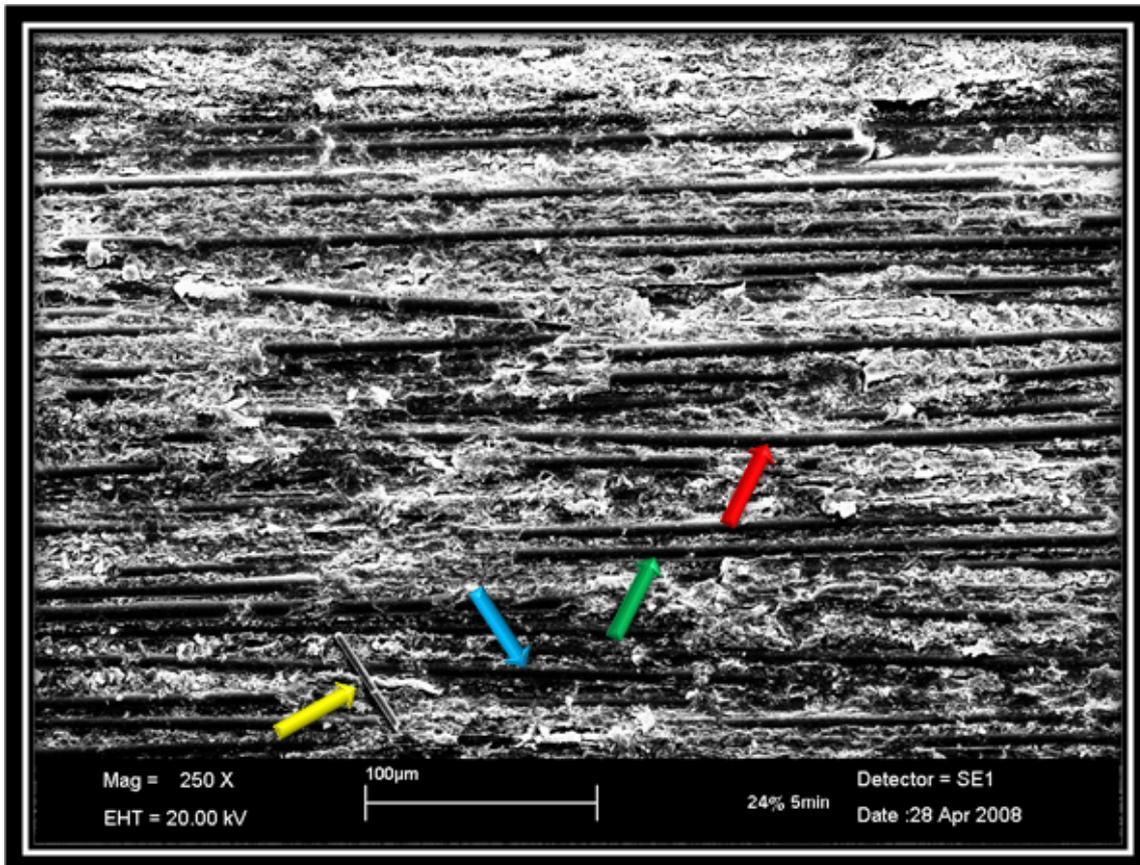


Figura 17 - Fotografia em MEV da superfície do pino tratado com 24% H_2O_2 por 5 min, em magnitude de 250X. Observa-se maior remoção da resina epóxica, com considerável exposição das fibras (→); muitas fibras com trincas na base, entre a resina epóxica e a fibra (→); nichos com ausência de fibras (→); presença de fibra completamente solta (→).

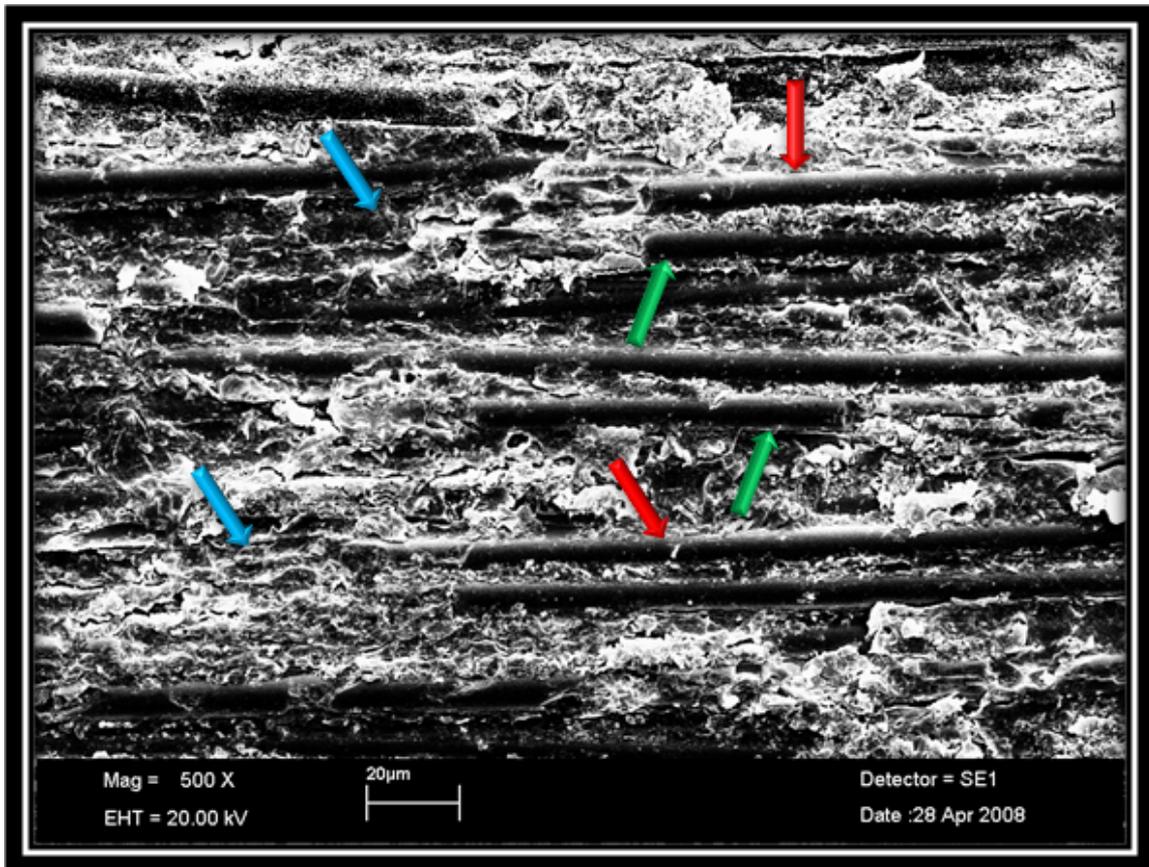


Figura 18 - Fotografia em MEV da superfície do pino tratado com 24% H_2O_2 por 5 min, em magnitude de 500X, onde se observa exposição das fibras (→); muitas fibras com trincas na base, entre a resina epóxica e a fibra (→); e nichos sem fibras (→).

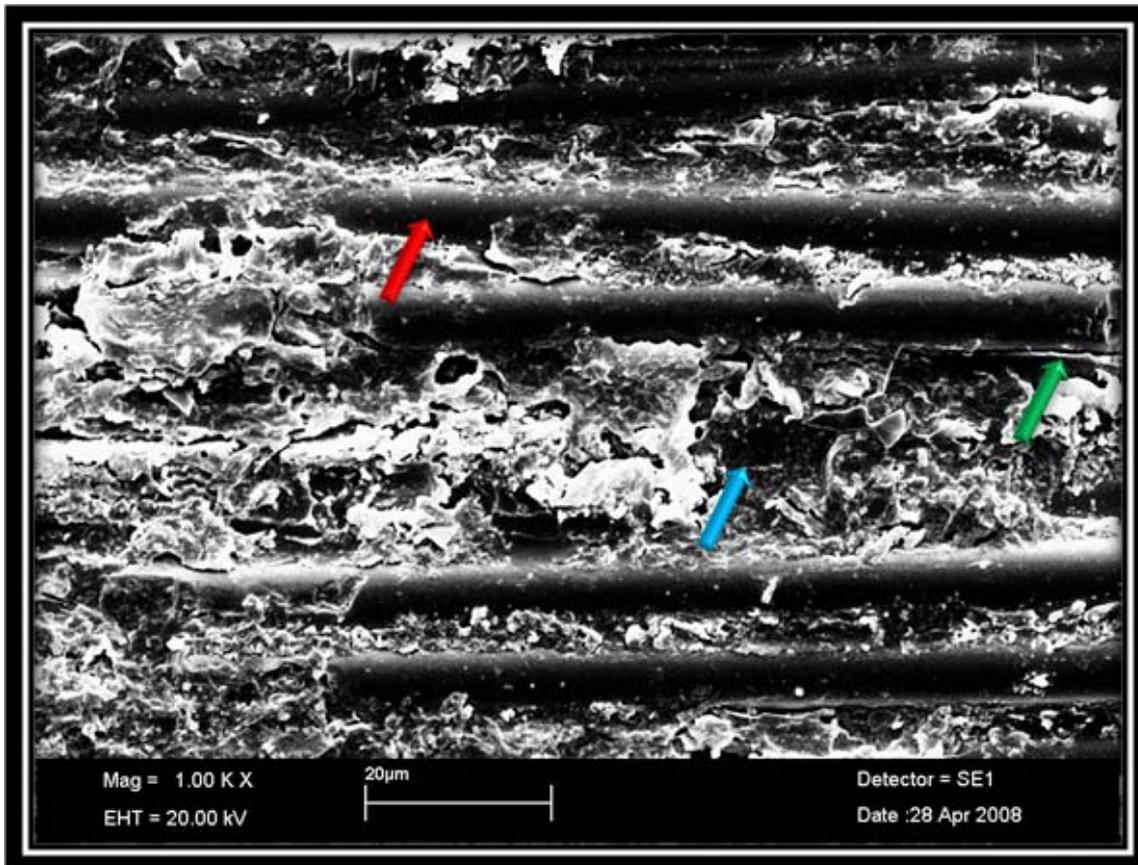


Figura 19 - Fotografia em MEV da superfície do pino tratado com 24% H_2O_2 por 5 min, em magnitude de 1000X, onde se observa exposição das fibras (→); muitas fibras com trincas na base, entre a resina epóxica e a fibra (→); e nichos com ausência de fibras (→).

Ao analisar a superfície do pino condicionado com peróxido de hidrogênio a 24% com tempo de aplicação de 10 min (Figuras 20, 21 e 22), pôde ser observada grande remoção da resina epóxica com exposição considerável das fibras em grande parte do pino. Contudo, aumenta também a presença de falha na base entre a fibra de vidro e a resina epóxica. Observou-se ainda, maior quantidade de nichos sem presença de fibras.

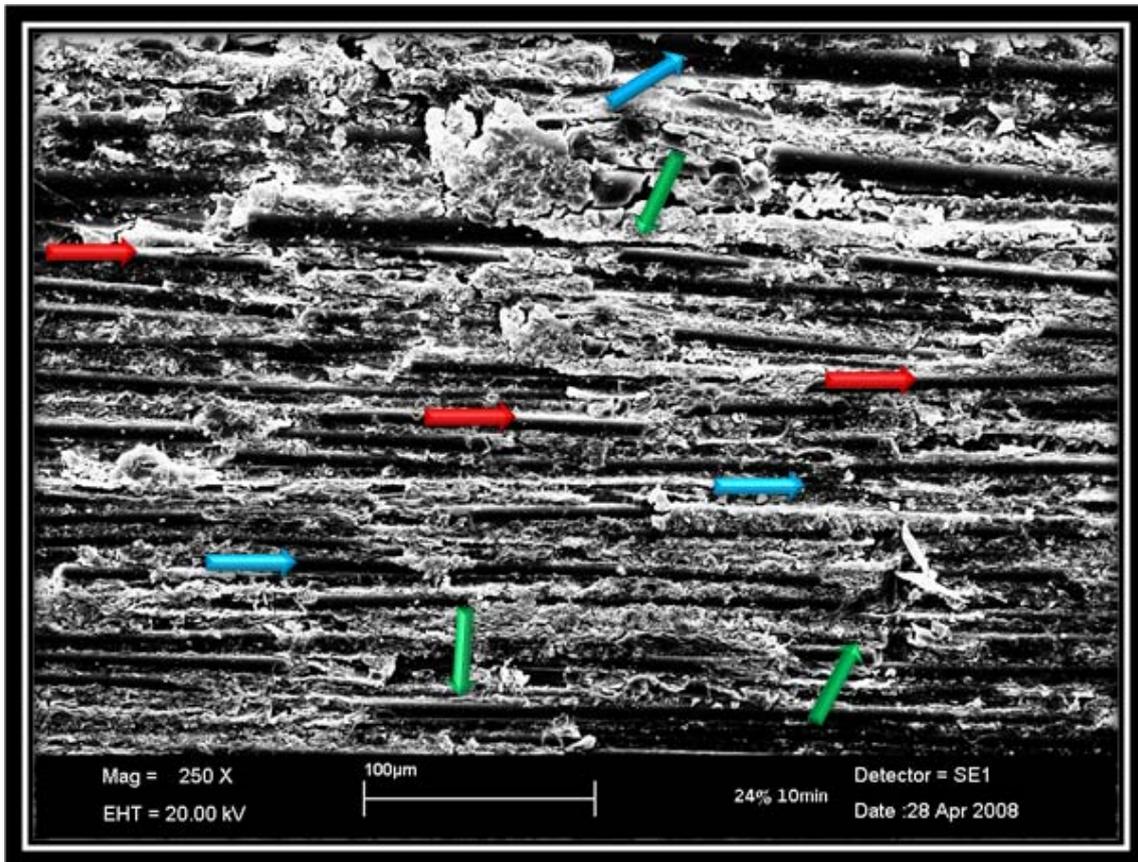


Figura 20 - Fotografia em MEV da superfície do pino tratado com 24% H₂O₂ por 10 min, em magnitude de 250X, onde nota-se grande remoção da resina com exposição considerável das fibras em grande parte do retentor (→), contudo, aumenta também a presença de falha na base entre a fibra e a resina (→), e maior quantidade de nichos com ausência de fibras (→).

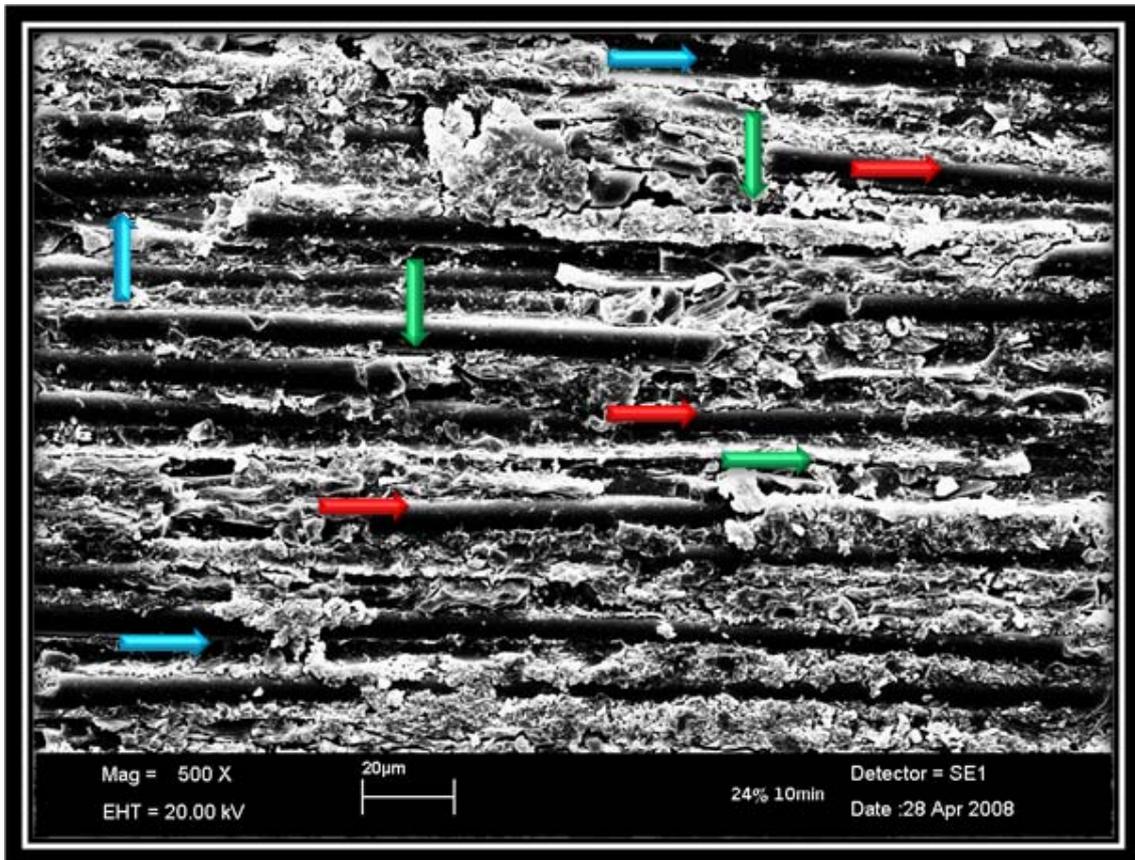


Figura 21 - Fotografia em MEV da superfície do pino tratado com 24% H₂O₂ por 10 min, em magnitude de 500X. Nota-se grande remoção da resina com exposição considerável das fibras em grande parte do retentor (→), contudo, aumenta também a presença de falha na base entre a fibra e a resina (→), e maior quantidade de nichos com ausência de fibras (→).

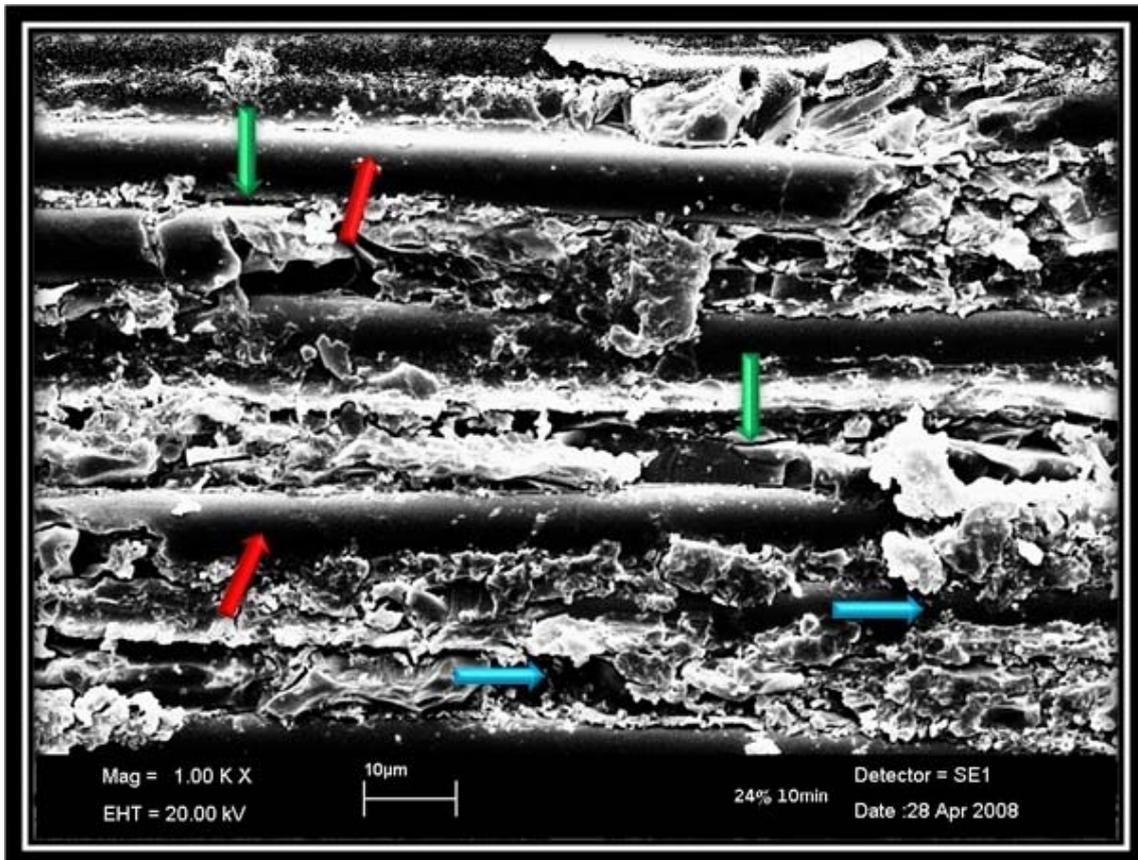


Figura 22 - Fotografia em MEV da superfície do pino tratado com 24% H₂O₂ por 10 min, em magnitude de 1000X, onde observa-se grande remoção da resina com exposição considerável das fibras em grande parte do pino (→), contudo, aumenta também a presença de falha na base entre a fibra e a resina (→), e maior quantidade de nichos com ausência de fibras (→).

Ao analisar a superfície do pino condicionado com peróxido de hidrogênio a 50% por 1, 5 e 10 min (Figuras, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 e 31), foi observado o mesmo aspecto morfológico entre a superfície desses pinos. Parece ocorrer saturação da ação do peróxido de hidrogênio e, conseqüentemente, padrão de condicionamento semelhante, apresentando também as mesmas características descritas para o grupo condicionado com 24% H₂O₂ com tempo de

aplicação de 10 minutos, com remoção de grande quantidade de resina epóxica, expondo considerável quantidade de fibras em grande parte do pino, aumento da presença de falha na base entre a fibra de quartzo e a resina epóxica e maior quantidade de nichos sem presença de fibras.

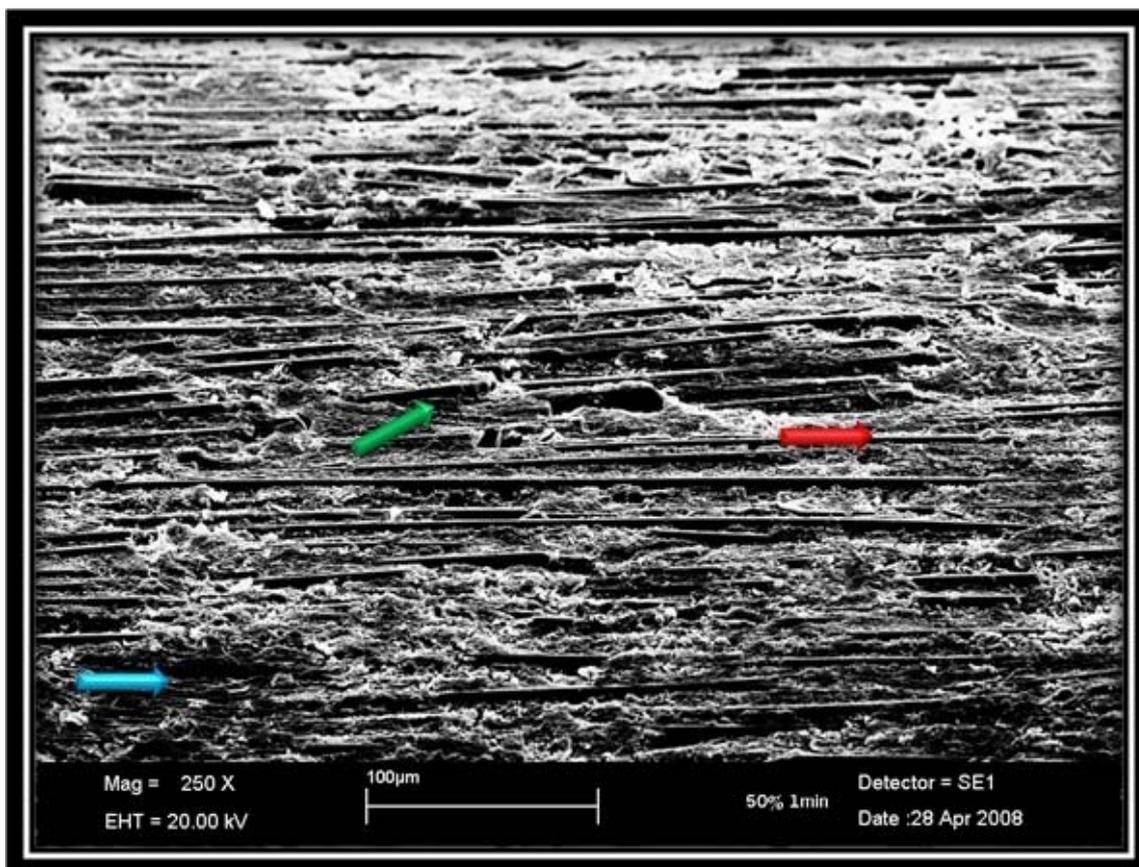


Figura 23 - Fotografia em MEV da superfície do pino tratado com 50% H₂O₂ por 1 min, em magnitude de 250X, onde nota remoção da resina com exposição considerável das fibras em grande parte do pino (→), aumentando também a presença de falha na base entre a fibra e a resina (→), e maior quantidade de nichos com ausência de fibras (→).

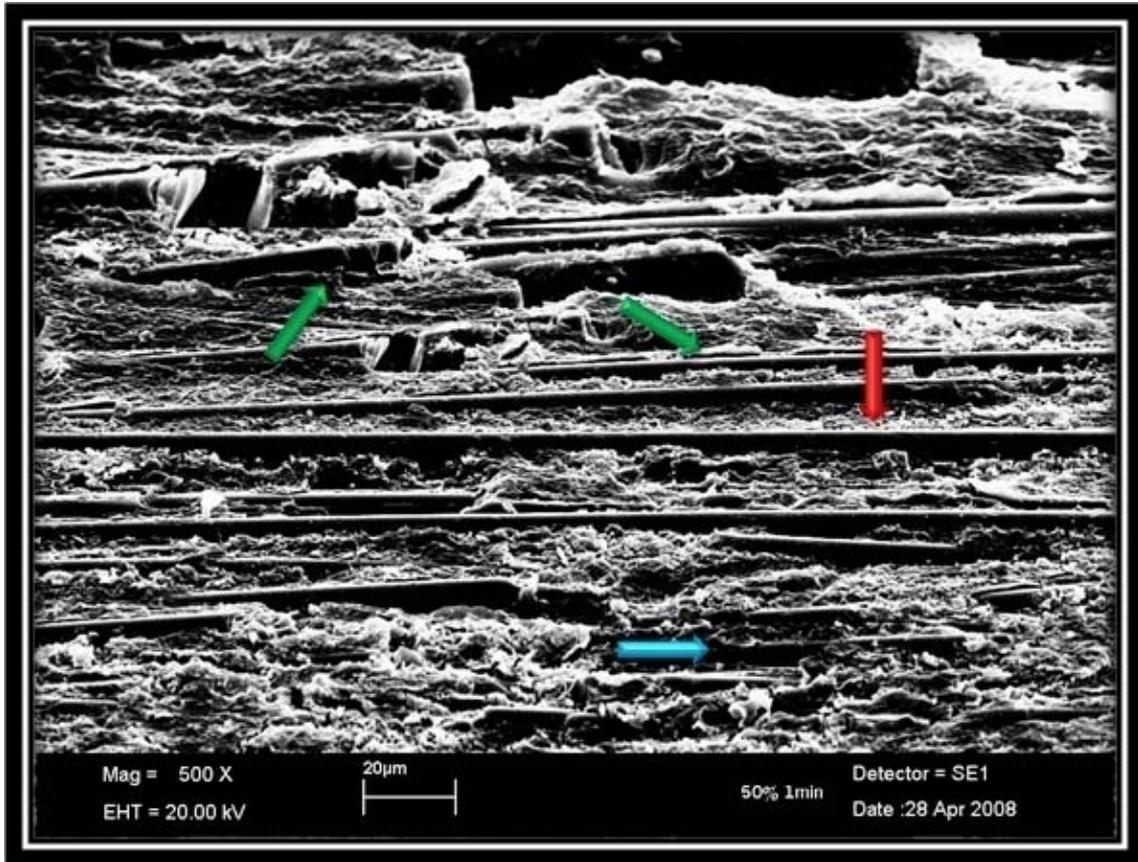


Figura 24 - Fotografia em MEV da superfície do pino tratado com 50% H₂O₂ por 1 min, em magnitude de 500X, onde observa-se grande remoção da resina com exposição considerável das fibras em grande parte do pino (→), aumenta também a presença de falha na base entre a fibra e a resina (→), e maior quantidade de nichos com ausência de fibras (→).

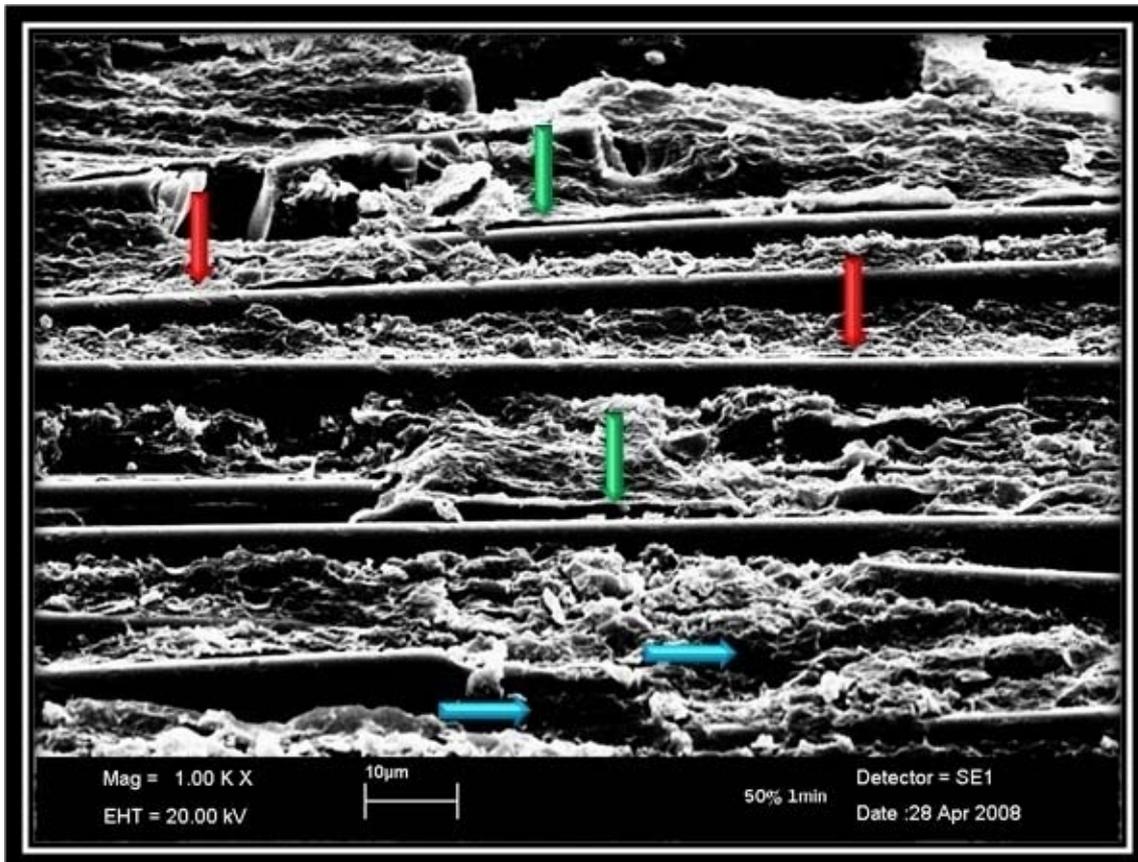


Figura 25 - Fotografia em MEV da superfície do pino tratado com 50% H₂O₂ por 1 min, em magnitude de 1000X, onde observa-se grande remoção da resina com exposição considerável das fibras em grande parte do pino (→), aumenta também a presença de falha na base entre a fibra e a resina (→), e maior quantidade de nichos com ausência de fibras (→).

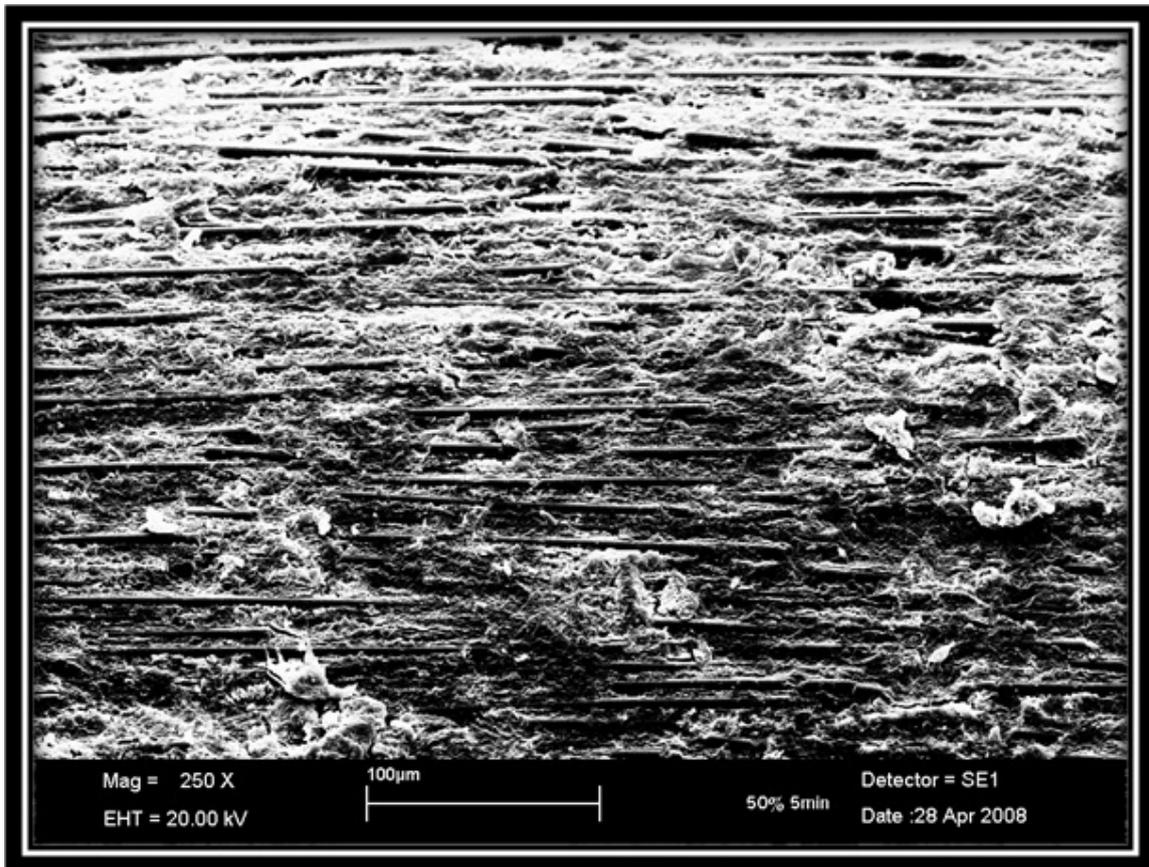


Figura 26 - Fotografia em MEV da superfície do pino tratado com 50% H₂O₂ por 5 min, em magnitude de 250X, onde observa-se grande remoção da resina com exposição considerável das fibras em grande parte do pino.

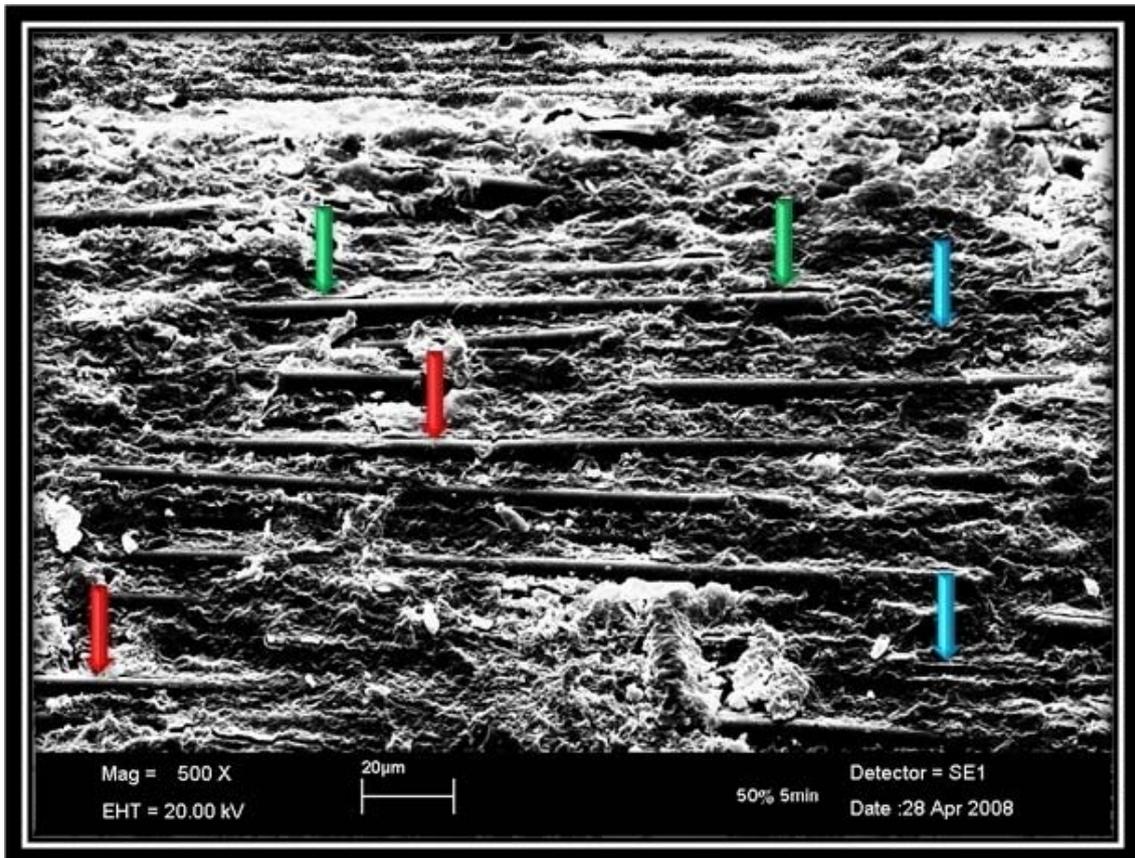


Figura 27 - Fotografia em MEV da superfície do pino tratado com 50% H₂O₂ por 5 min, em magnitude de 500X, onde observa-se grande remoção da resina com exposição considerável das fibras em grande parte do retentor (→), também presença de falha na base entre a fibra e a resina (→), e maior quantidade de nichos com ausência de fibras (→).

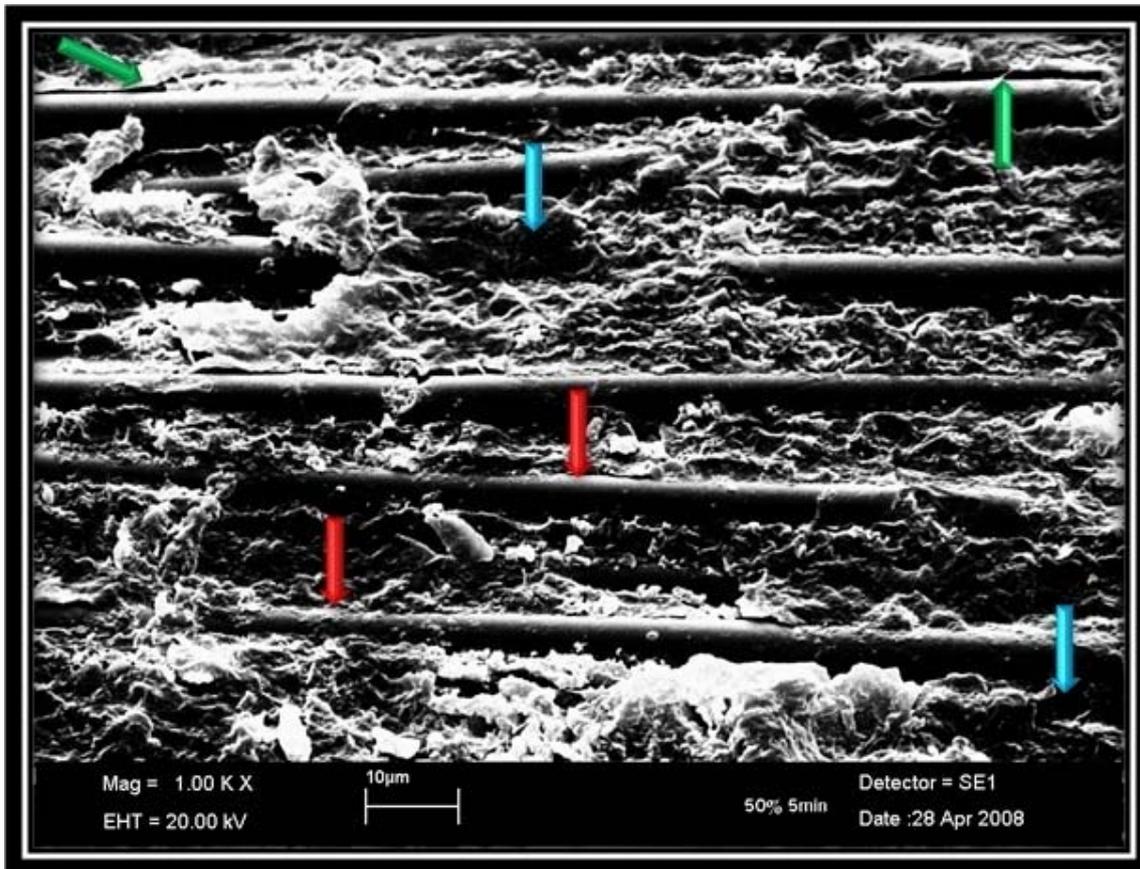


Figura 28 - Fotografia em MEV da superfície do pino tratado com 50% H₂O₂ por 5 min, em magnitude de 1000X. Nota-se grande remoção da resina com exposição considerável das fibras em grande parte do pino (→), aumento também da presença de falha na base entre a fibra e a resina (→), e maior quantidade de nichos com ausência de fibras (→).

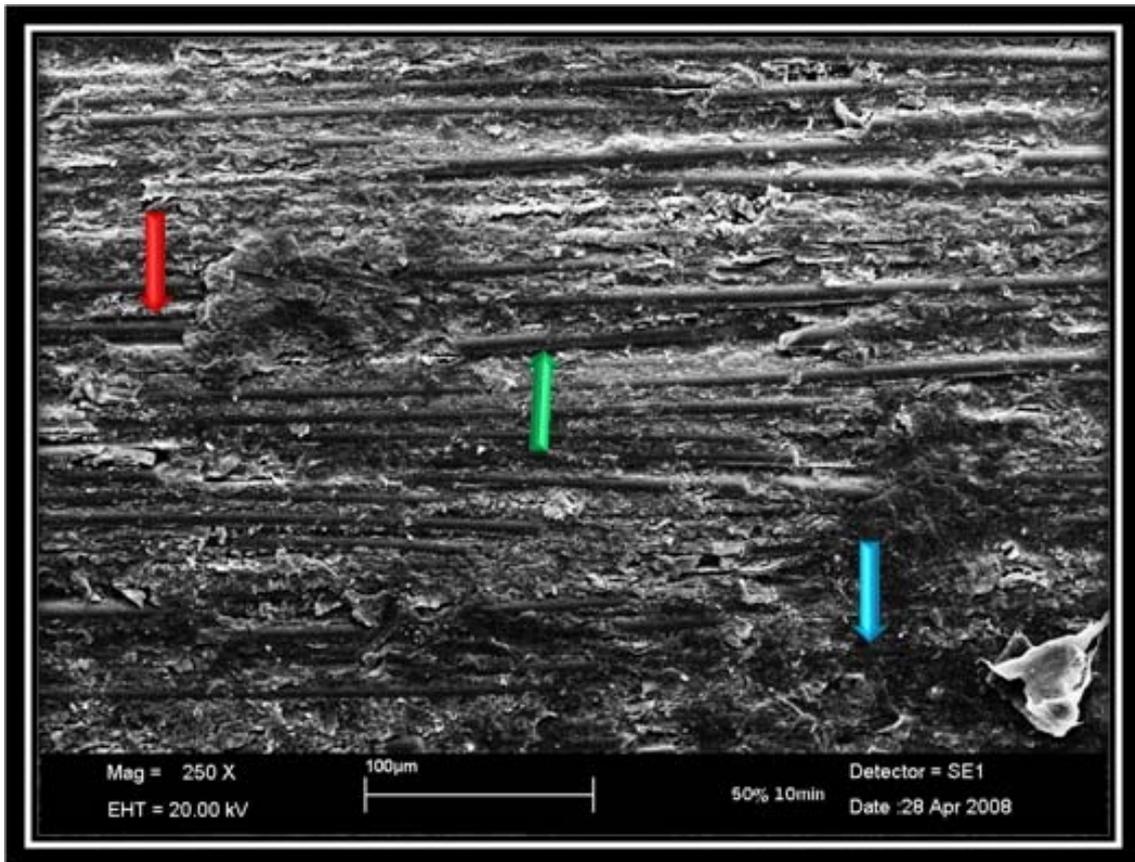


Figura 29 - Fotografia em MEV da superfície do pino tratado com 50% H₂O₂ por 10 min, em magnitude de 250X. Nota-se grande remoção da resina com exposição considerável das fibras em grande parte do pino (→); presença de falha na base entre a fibra e a resina (→); e maior quantidade de nichos com ausência de fibras (→).

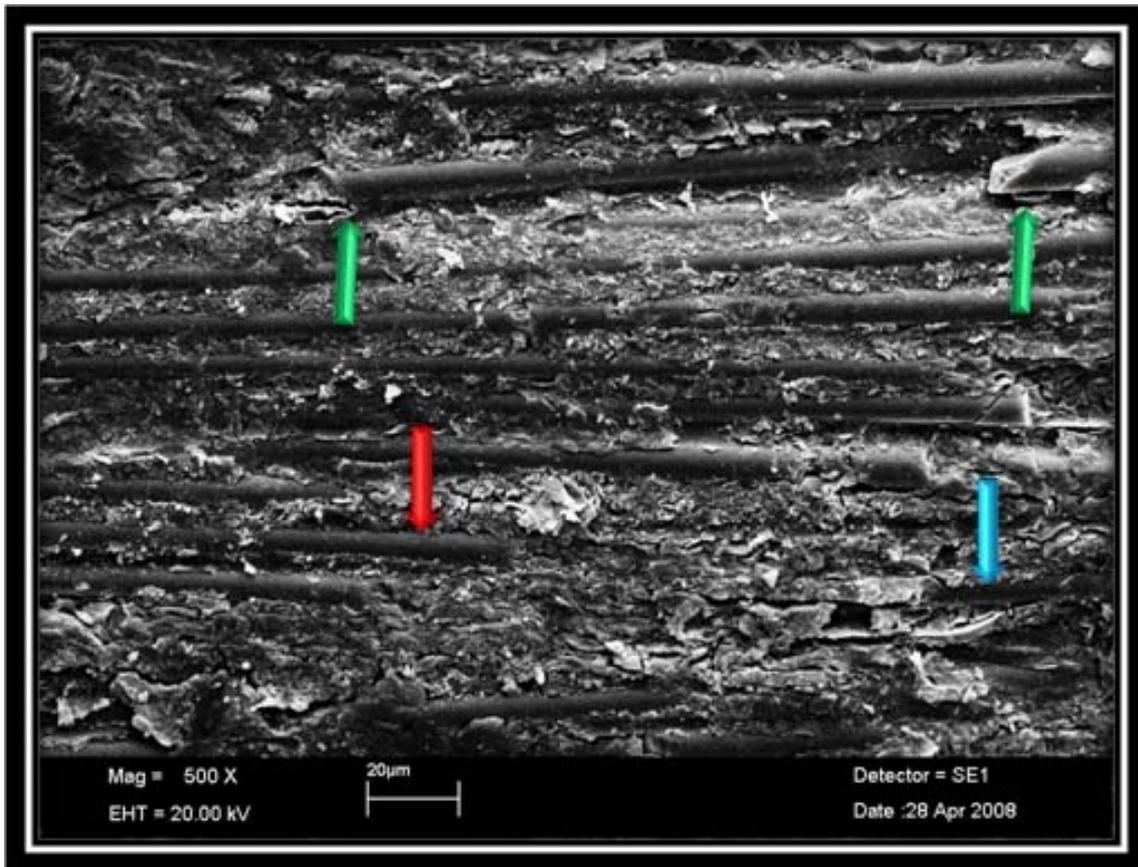


Figura 30 - Fotografia em MEV da superfície do pino tratado com 50% H₂O₂ por 10 min, em magnitude de 500X, onde observa-se grande remoção da resina com exposição considerável das fibras em grande parte do pino (→); presença de falha na base entre a fibra e a resina (→); e maior quantidade de nichos com ausência de fibras (→).

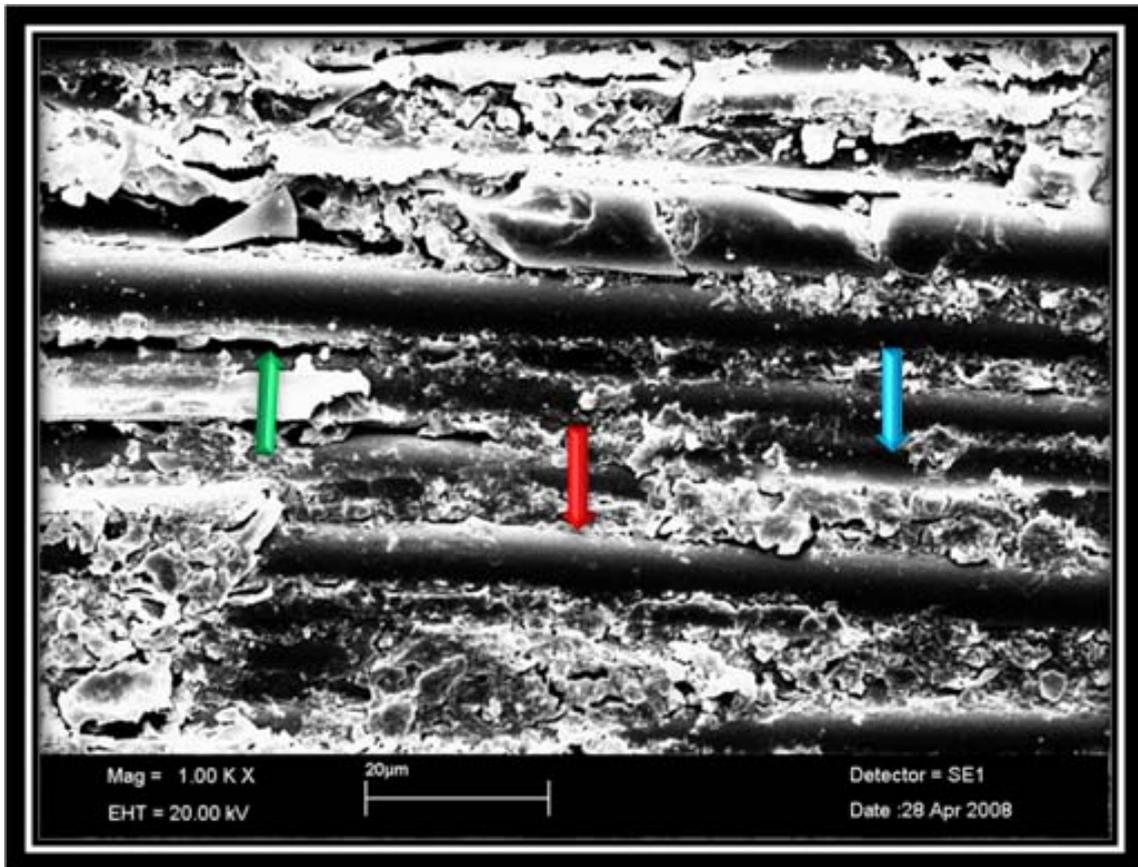


Figura 31 - Fotografia em MEV da superfície do pino tratado com 50% H₂O₂ por 10 min, em magnitude de 1000X, onde observa-se grande remoção da resina com exposição considerável das fibras em grande parte do pino (→); presença de falha na base entre a fibra e a resina (→); e maior quantidade de nichos com ausência de fibras (→).

6 DISCUSSÃO

A primeira e segunda hipótese testada foi aceita. O adesivo influencia de forma positiva na resistência de união entre o pino silanizado e a resina composta de preenchimento, bem como, a aplicação de peróxido de hidrogênio modifica o padrão morfológico de superfície do pino pela maior remoção da resina epóxica e maior exposição das fibras. Por outro lado, a terceira hipótese foi rejeitada, uma vez que apesar do aumento do tempo da aplicação e concentração do peróxido de hidrogênio modificar o padrão de superfície do pino, este não promoveu aumento significativo na resistência de união entre o pino e o material resinoso.

A longevidade dos procedimentos restauradores com sistemas de pinos de fibras está diretamente relacionada à retenção e estabilidade do pino e da resina do núcleo de preenchimento e à qualidade da união entre as interfaces dos diferentes materiais (Monticelli *et al.*, 2008). Tem sido observado tanto em estudos *In vitro* (Santos Filho *et al.*, 2008) como *In vivo* (Ferrari *et al.*, 2000), que as falhas neste tipo de retentor intra-radicular normalmente está relacionada à baixa resistência de união entre as interfaces pino, resina e remanescente radicular.

Muitos estudos têm sugerido o uso do silano, seguido da aplicação de adesivo para maximizar a união do pino de fibra à resina composta (Vano *et al.*, 2006). Os resultados do presente estudo confirmam esta afirmação, pois o grupo tratado com adesivo e silano (G2) apresentou valores de resistência de união significativamente maiores quando comparado com o grupo tratado apenas com silano (G1) (Tabela 1). Isso possivelmente ocorreu porque o sistema adesivo, por ser uma resina de baixa viscosidade, foi capaz de penetrar nas porosidades entre as fibras de vidro expostas do pino (Monticelli *et al.*, 2006b; Yenisey *et al.*, 2008), formando arranjo micromecânico entre o adesivo infiltrado e as fibras expostas, obtendo, além da união química, retenção micromecânica. Segundo Monticelli *et al.*, (2006b), esta união adicional é semelhante à hibridização dentinária formada

pelo monômero resinoso do adesivo, infiltrado e polimerizado, na matriz de colágeno parcialmente desmineralizada da estrutura dentinária (Nakabayashi *et al.*, 1982). O mesmo procedimento não se estabelece como rotina quando se analisa esta interação com o cimento resinoso (Soares *et al.*, 2008). Esta diferença pode estar relacionada à viscosidade do material resinoso aplicado posteriormente e, ainda, ao tipo de tratamento analisado neste estudo. A presença de grande quantidade de matriz resinosa removida e falhas estruturais entre as fibras de vidro e a resina constituinte do pino podem ter sido melhores reparadas com a aplicação da camada de adesivo.

O silano possui a capacidade de aumentar a molhabilidade da superfície, resultando em formação de pontes químicas entre o substrato orgânico e inorgânico (Monticelli *et al.*, 2008). No entanto, a efetividade desse tratamento é questionável quando utilizados pinos de fibra com matriz de resina epóxica, uma vez que esta exibe elevado grau de conversão e uma cadeia polimérica com alta densidade de ligações cruzadas, não apresentando grupo funcional capaz de reagir com o silano (Perdigão *et al.*, 2006). Na interface pino de fibra e núcleo de preenchimento, esta união química só é possível entre a resina composta e as fibras expostas do pino (Vano *et al.*, 2006; Yenisey *et al.*, 2008). Dessa forma, vários estudos têm sido conduzidos com diferentes tratamentos de superfície do pino, no sentido de remover de forma parcial a resina epóxica, expondo maior quantidade de fibras (Vano *et al.*, 2006; Monticelli *et al.*, 2006a; Monticelli *et al.*, 2006b; Soares *et al.*, 2008; Yenisey *et al.*, 2008).

O condicionamento da cerâmica com ácido fluorídrico tem a capacidade de produzir rugosidade de superfície pela dissolução da fase vítrea, o que permite retenção micromecânica com o cimento resinoso (Monticelli *et al.*, 2008). Com o mesmo objetivo, esta técnica tem sido recentemente proposta para o condicionamento de pinos de fibra (Vano *et al.*, 2006; Valandro *et al.*, 2006). No entanto, apesar de promover remoção parcial da resina epóxica causa danos as fibras e afeta a integridade do pino (Valandro *et al.*, 2006). Outra forma de

tratamento de superfície, com o mesmo objetivo, é o jateamento com partículas de óxido de alumínio (Soares *et al.*, 2008), que além de causar danos às fibras (Monticelli *et al.*, 2008) não promove aumento da resistência de união (Soares *et al.*, 2008) sendo uma forma de tratamento não seletiva.

Diferentes soluções e solventes têm sido eficazes em dissolver parcialmente a resina epóxica, como o permanganato de potássio (Monticelli *et al.*, 2006b), o etóxido de sódio (Monticelli *et al.*, 2006b) e o peróxido de hidrogênio (Vano *et al.*, 2006; Monticelli *et al.*, 2006a; Monticelli *et al.*, 2006b; Yenisey *et al.*, 2008). O permanganato de potássio, que é utilizado em aplicações industriais, tem sido testado também como condicionador de pino de fibra. O seu uso consiste na aplicação de três substâncias químicas que permite a exposição das fibras sem causar danos estruturais ao pino, aumentando a resistência de união com a resina composta. Sua desvantagem é o alto consumo de tempo clínico (Monticelli *et al.*, 2006b). O etóxido de sódio não melhora a resistência de união da interface pino e resina composta, quando comparado à utilização apenas de silano (Monticelli *et al.*, 2006b) e o peróxido de hidrogênio, que tem apresentado bons resultados (Monticelli *et al.*, 2008; Yenisey *et al.*, 2008).

O peróxido de hidrogênio promove remoção parcial da matriz de resina epóxica, quebra as ligações poliméricas (Monticelli *et al.*, 2008), não causa danos às fibras do pino (Monticelli *et al.*, 2006b) e aumenta a resistência de união entre a resina composta e o pino de fibra. Os resultados deste trabalho suportam tais afirmações, uma vez que os grupos experimentais tratados com peróxido de hidrogênio apresentaram valores de resistência de união superiores aos grupos que não receberam este tipo de tratamento. Por meio da microscopia eletrônica de varredura, pôde-se observar que isso foi possível devido à remoção superficial da resina epóxica, que expôs maior superfície das fibras, possibilitando união química ao silano. Por outro lado, provoca uma alteração que merece mais estudos: a criação de maiores espaços entre as fibras, que pode ter permitido maior difusão do adesivo e maior retenção micromecânica. Mas pode, entretanto, ser um ponto

de início de falha nesta interface. Estudos futuros analisando especificamente este efeito por meio de análises ultra-estruturais devem ser realizados.

O peróxido de hidrogênio nas concentrações de 10% com tempo de aplicação de 20 minutos e 24% por 10 minutos têm sido avaliados para o tratamento de pinos de fibra (Monicelli *et al.*, 2006a). Porém, parece não resultar em diferenças significantes na resistência de união nem no padrão da morfologia de superfície do pino quando estes dois protocolos são utilizados e comparados entre si. O emprego de alta concentração em menor tempo tende ser a alternativa mais adequada de condicionamento, por tornar o procedimento mais rápido (Monicelli *et al.*, 2006a). No presente estudo, foi analisada a influência do peróxido de hidrogênio nas concentrações de 24 e 50% com tempos de aplicação de 1, 5 e 10 minutos. Também, mostrou não haver diferença na resistência adesiva independente da concentração e do tempo de aplicação. Dessa forma, confirma a premissa de que é mais viável a utilização do protocolo de condicionamento de superfície com 24% de peróxido de hidrogênio por 1 min, utilizando-se menor concentração e menor tempo, substância menos cáustica, mais fácil de adquirir comercialmente e, da mesma forma, reduzindo o tempo clínico.

Os resultados da microscopia eletrônica de varredura mostraram padrões de morfologia de superfície do pino diferentes entre os grupos. O grupo controle, sem nenhum tratamento, mostra quase total cobertura das fibras pela resina com limitada quantidade de fibra exposta, além de presença de falhas na interfase entre estas duas estruturas em algumas regiões.

O grupo tratado com 24% de H₂O₂ por 1 min mostra ligeira remoção da resina com exposição parcial das fibras superficiais, porém estas fibras estão recobertas parcialmente pela resina e, dessa forma, sustentadas ao corpo do pino. A união neste padrão de morfologia superficial deve ser limitada por a exposição ser parcial, já que a união do silano à resina epóxica é menor. Por outro lado, ela não é prejudicada por maior potencialização da ruptura entre a resina e a fibra.

Porém, não foram observadas falhas na interface entre a base das fibras e a resina, o que poderia ser facilmente degradado e resultar em remoção completa da fibra se o condicionamento for mais intenso. Isso pôde ser observado nos grupos condicionados por maior tempo e concentração. Estes espaços, se não forem completamente preenchidos pela resina, podem resultar pontos de potencial início de falha. Como estes espaços estavam presentes também no grupo controle, apesar de estar em menor quantidade, isto pode explicar o porquê ao se utilizar o adesivo a união foi maximizada. O adesivo consegue preencher melhor estas pequenas falhas quando comparado com a resina composta isoladamente, que apresenta maior viscosidade.

No grupo G4, 24 % de H₂O₂ por 5 minutos, observa-se remoção da resina epóxica com exposição considerável das fibras em grande parte do retentor. No entanto, aumenta também a presença de falhas na base entre a fibra e a resina epóxica e encontram-se também nichos onde não há presença de fibras. Isso pode ter ocorrido em função da remoção de fibras pelo H₂O₂ e, assim, exposição de maior área de resina epóxica, o que acaba reduzindo a união entre esta e o silano (Perdigão *et al.*, 2006). Neste grupo a união pode ser aumentada pela maior exposição das fibras, mas, ao mesmo tempo, limitada pela exposição de resina epóxica, ao ter a fibra removida. Isto pode justificar a similaridade dos resultados encontrados. Mas a agressividade do condicionamento pode resultar em ação mais degradante. Ao analisar as figuras do pino condicionado com 24 % de H₂O₂ por 10 minutos (G5), observa-se grande remoção da resina epóxica com exposição considerável das fibras, em grande parte do retentor. Aumenta também a presença de falhas na base entre a fibra e a resina, bem como os nichos com ausência de fibras. Da mesma forma que no grupo anterior, a união pode ser aumentada pela exposição das fibras, mas ao mesmo tempo, limitada pela exposição de resina epóxica nos nichos formados pela remoção das fibras. A presença das falhas entre pino e resina epóxica pode, ainda, resultar em retenção

de oxigênio que interfere na polimerização da resina e reduz a resistência de união.

Nos grupos G6, G7 e G8 tratado com peróxido de hidrogênio a 50% nos tempos de 1, 5 e 10 min respectivamente, observa-se quase que o mesmo padrão da morfologia de superfície do pino. Da mesma forma, apresentam semelhança ao grupo tratado com 24% H₂O₂ por 10 minutos. É possível observar, também, que a superfície apresenta-se com ligeira exposição de fibras, mas que a adesão deve estar limitada pela presença das trincas e, conseqüentemente, de falta de interação entre fibra e resina. Neste grupo percebeu-se, também, a ocorrência de exposição de fibras fraturadas visíveis em grande quantidade.

Outro aspecto que deve ser levado em consideração é a aplicação da camada de adesivo no pino para todos os procedimentos de cimentação, independente do tipo de cimento resinoso utilizado, seja ele convencional ou auto-adesivo. Isto porque, como mencionado anteriormente, o adesivo, por possuir menor viscosidade que os cimentos resinosos, penetrará em maior profundidade nos espaços entre as fibras (Monticelli *et al.*, 2006b), melhorando tanto a retenção micromecânica, como corrigindo as falhas existentes nestes pinos.

A resistência adesiva pode ser mensurada por meio de teste convencional de tração (Tjan *et al.* 1992, Boone *et al.* 2001), “pull-out” (Drummond 2000), “push-out” (Pest *et al.* 2002; Kurtz *et al.* 2003), microtração (Ngoh *et al.* 2001) e “micropush-out” (Goracci *et al.* 2004). Entretanto, altas concentrações de tensões não uniformes podem ser desenvolvidas na interface adesiva pino e restauração ao se utilizar espécime com grande espessura (Ngoh *et al.* 2001). Para mensuração da resistência de união entre pino e substrato dentinário, o ensaio mecânico mais seguro é “push-out”, pois falhas prematuras têm sido observadas durante a confecção dos palitos (Foxton *et al.* 2003) e ampulhetas (Bouillaguet *et al.* 2003) para teste de microtração. No entanto, ao se estudar a resistência de união do pino com resina composta, o ensaio de microtração torna-se viável, e

deve ser a metodologia de escolha, pois a utilização de amostras com espessuras reduzidas em ensaios de microtração (Pashley *et al.*, 1999) permite distribuição mais uniforme das tensões na interface adesiva, mensuração real de pequenas áreas e menor risco de incorporação de falhas na interface adesiva (Bouillaguet *et al.* 2003).

Entretanto, para execução deste trabalho, dificuldades foram encontradas para utilização das técnicas de confecção das amostras descritas na literatura (Goracci *et al.*, 2005). A técnica descrita pelos autores consiste em confeccionar um cilindro de resina ao redor do pino, e em seguida, levar este conjunto à cortadeira de precisão executando dois cortes longitudinais ao pino, expondo-o em ambos os lados, seguido dos cortes transversais para obtenção dos palitos. A dificuldade encontrada se refere à realização desta etapa, onde não conseguiu-se executar os primeiros cortes sem que permanecesse resina composta sobre o pino em algumas regiões e, em outras, o corte atingia a superfície do pino. Dessa forma, foi desenvolvida a técnica descrita neste trabalho que, além de solucionar esta dificuldade, reduz a quantidade de cortes, uma vez que necessita apenas dos cortes transversais resultando em menor indução de tensões às amostras.

O objetivo da escolha do pino de fibra de vidro e resina composta como material restaurador tem por objetivo conseguir união eficaz entre estes diferentes componentes, formando corpo uniforme para melhor aproveitamento das propriedades destes materiais. Um conceito similar pode ser aplicado para escolha da técnica de tratamento de superfície do pino, para obtenção de melhor resistência de união entre as interfaces adesivas, objetivando a formação de monobloco entre o dente e os materiais restauradores. Dessa forma, o melhor protocolo obtido neste estudo foi à utilização de 24% de H₂O₂ por 1 min, por apresentar característica menos cáustica, menor tempo de execução e melhor resistência de união.

7 CONCLUSÃO

A partir da análise dos dados e dentro das limitações metodológicas empregadas é possível afirmar que:

1. A aplicação do silano na superfície do pino de fibra de quartzo, associado ao adesivo, resultou em valores de resistência de união superiores a utilização isolada do silano;
2. O tratamento de superfície do pino com peróxido de hidrogênio resultou em aumento da resistência de união do pino com a resina composta;
3. A concentração do peróxido de hidrogênio (24 e 50%) e o tempo de aplicação (1, 5 e 10 minutos) na superfície do pino de fibra de quartzo, não influenciaram na resistência de união deste com a resina composta;
4. A morfologia de superfície do pino de fibra de vidro foi alterada com a aplicação do peróxido de hidrogênio, sendo influenciada pela concentração e tempo de aplicação.
5. O protocolo de tratamento de superfície do pino proposto por este trabalho para a interação com a resina composta é aplicação de 24% de peróxido de hidrogênio por 1 minuto, seguido da aplicação do silano por 60 segundos e posterior aplicação de camada de adesivo.

REFERÊNCIAS*

1. Assif D, Gorfil C. Biomechanical considerations in restoring endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent.* 1994; 71(6): 565-7.
2. Barjau-Escribano A, Sancho-Bru JL, Forner-Navarro L, Rodriguez-Cervantes PJ, Perez-Gonzalez A, Sanchez-Marin FT. Influence of prefabricated post material on restored teeth: fracture strength and tensões distribution. *Oper Dent.* 2006; 31(1): 47-54.
3. Boone KJ, Murchison DF, Schindler WG, Walker WA. Post retention: the effect of sequence of post-space preparation, cementation time, and different sealers. *J. Endodon.* 2001; 27(12): 768-71
4. Bouillaguet S, Troesch S, Wataha JC, Krejci I, Meyer JM, Pashley DH. Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. *Dent Mater.* 2003; 19(3): 199-205
5. Christensen GJ. Posts: necessary or unnecessary? *J Am Dent Assoc.* 1996; 127(10): 1522-4.
6. Christensen GJ. Post concepts are changing. *J Am Dent Assoc.* 2004 . 135(9) : 1308-10.
7. D'Arcangelo C, D'Amario M, Vadini M, De Angelis F, Caputi S. Influence of surface treatments on the flexural properties of fiber posts. *J Endod.* 2007; 33(7): 864-7.

* De acordo com a norma da UNICAMP/FOP, baseado na norma do International Committe of Medical Journal Editors – Grupo de Vancouver. Abreviatura dos periódicos em conformidade com a Medline.

8. Drummond JL. In vitro evaluation of endodontics posts. Am J Dent. 2000; 13(Spec n°): 5B-8B.
9. Ferrari M, Vichi A, Mannocci F, Mason PN. Retrospective study of the clinical performance of fiber posts. Am J Dent. 2000; 13(Spec No): 9B-13B.
10. Foxton RM, Nakajima M, Tagami J, Miura H. Bonding of photo and dual-cure adhesives to root canal dentin. Oper Dent. 2003; 28(5): 543-51.
11. Frazer RQ, Kovarik RE, Chance KB, Mitchell RJ. Removal time of fiber posts versus titanium posts. Am J Dent. 2008; 21(3): 175-8.
12. Goracci C, Raffaelli O, Monticelli F, Balleri B, Bertelli E, Ferrari M. The adhesion between prefabricated FRC posts and composite resin cores: microtensile bond strength with and without post-silanization. Dent Mater. 2005; 21(5): 437-44.
13. Goracci C, Tavares AU, Fabianelli A, Monticelli F, Raffaelli O, Cardoso PC *et al.* The adhesion between fiber posts and root canal walls: comparison between microtensile and push-out bond strength measurements. Eur J Oral Sci. 2004; 112(4): 353-61
14. Isidor F, Odman P, Brøndum K. Intermittent loading of teeth restored using prefabricated carbon fiber posts. Int J Prosthodont. 1996; 9(2): 131-6.

*De acordo com a norma da UNICAMP/FOP, baseado na norma do International Committee of Medical Journal Editors – Grupo de Vancouver. Abreviatura dos periódicos em conformidade com a Medline.

15. Kurtz JS, Perdigao J, Geraldeli S, Hodges JS, Bowles WR. Bond strengths of tooth-colored posts, effect of sealer, dentin adhesive, and root region. *Am J Dent*. 2003; 16(Spec n°): 30A-6A
16. Lanza A, Aversa R, Rengo S, Apicella D, Apicella A. 3D FEA of cemented steel, glass and carbon posts in a maxillary incisor. *Dent Mater*. 2005; 21(8): 709-15.
17. Malferrari S, Monaco C, Scotti R. Clinical evaluation of teeth restored with quartz fiber-reinforced epoxy resin posts. *Int J Prosthodont*. 2003; 16(1): 39-44.
18. Mendoza DB, Eakle WS, Kahl EA, Ho R. Root reinforcement with a resin-bonded preformed post. *J Prosthet Dent*. 1997; 78: 10-4.
19. Menezes MS, Queiroz EC, Campos RE, Martins LR, Soares CJ. Influence of endodontic sealer cement on fibreglass post bond strength to root dentine. *Int Endod J*. 2008; 41(6): 476-84.
20. Monticelli F, Ferrari M, Toledano M. Cement system and surface treatment selection for fiber post luting. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2008; 13(3): E214-21. Review.
21. Monticelli F, Toledano M, Tay FR, Cury AH, Goracci C, Ferrari M. Post-surface conditioning improves interfacial adhesion in post/core restorations. *Dent Mater*. 2006b; 22(7): 602-9.

*De acordo com a norma da UNICAMP/FOP, baseado na norma do International Committee of Medical Journal Editors – Grupo de Vancouver. Abreviatura dos periódicos em conformidade com a Medline.

22. Monticelli F, Toledano M, Tay FR, Sadek FT, Goracci C, Ferrari M. A simple etching technique for improving the retention of fiber posts to resin composites. *J Endod.* 2006a; 32(1): 44-7.
23. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res.* 1982; 16: 265-73.
24. Newman MP, Yaman P, Dennison J, Rafter M, Billy E. Fracture resistance of endodonticamente treated teeth restored with composite posts. *J Prosthet Dent.* 2003; 89: 360-7.
25. Ngoh EC, Pashley DH, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF. Effects of eugenol on resin bond strengths to root canal dentin. *J Endod.* 2001; 27(6): 411-4.
26. Oliveira, LCA. Análise da distribuição de tensões em incisivo central superior restaurado com diferentes sistemas de pinos intra-radiculares. [dissertação] Araraquara: Faculdade de Odontologia/UNESP; 2002.
27. Pashley DH, Carvalho RM, Sano H, Nakajima M, Yoshiyama M, Shono Y, Fernandes CA *et al.* The microtensile bond test: a review. *J Adhes Dent.* 1999 1(4): 299-309.
28. Perdigão J, Gomes G, Lee IK. The effect of silane on the bond strengths of fiber posts. *Dent Mater.* 2006; 22(8): 752-8.

*De acordo com a norma da UNICAMP/FOP, baseado na norma do International Committee of Medical Journal Editors – Grupo de Vancouver. Abreviatura dos periódicos em conformidade com a Medline.

29. Pest LB, Cavalli G, Bertani P, Gagliani M. Adhesive post-endodontic restorations with fiber posts: push-out tests and SEM observations. *Dent Mater.* 2002; 18(8): 596-602.
30. Qualtrough AJ, Mannocci F. Tooth-Colored Post Systems: A Review. *Oper Dent.* 2003; 28(1): 86-91.
31. Rosenstiel SF, Land MF, Crispin BJ. Dental luting agents: A review of the current literature. *J Prosthet Dent.* 1998; 80(3): 280-301
32. Santos-Filho PC, Castro CG, Silva GR, Campos RE, Soares CJ. Effects of post system and length on the strain and fracture resistance of root filled bovine teeth. *Int Endod J.* 2008;41(6):493-501.
33. Schwartz RS, Robbins JW. Post placement and restoration of endodontically treated teeth: A literature review. *J Endod.* 2004; 30(5): 289-301. Review.
34. Segerström S, Astbäck J, Ekstrand KD. A retrospective long term study of teeth restored with prefabricated carbon fiber reinforced epoxy resin posts. *Swed Dent J.* 2006; 30(1): 1-8.
35. Soares CJ, Santana FR, Pereira JC, Araujo TS, Menezes MS. Influence of airborne-particle abrasion on mechanical properties and bond strength of carbon/epoxy and glass/bis-GMA fiber-reinforced resin posts. *J Prosthet Dent.* 2008; 99(6): 444-54.

*De acordo com a norma da UNICAMP/FOP, baseado na norma do International Committee of Medical Journal Editors – Grupo de Vancouver. Abreviatura dos periódicos em conformidade com a Medline.

36. Tjan AH, Nemetz H. Effect of eugenol-containing endodontic sealer on retention of prefabricated posts luted with adhesive composite resin cement. *Quint Int.* 1992; 23(12): 839-44.
37. Valandro LF, Yoshiga S, de Melo RM, Galhano GA, Mallmann A, Marinho CP *et al.* Microtensile bond strength between a quartz fiber post and a resin cement: effect of post surface conditioning. *J Adhes Dent.* 2006; 8(2): 105-11.
38. Vano M, Goracci C, Monticelli F, Tognini F, Gabriele M, Tay FR *et al.* The adhesion between fibre posts and composite resin cores: the evaluation of microtensile bond strength following various surface chemical treatments to posts. *Int Endod J.* 2006; 39(1): 31-9.
39. Yenisey M, Kulunk S. Effects of chemical surface treatments of quartz and glass fiber posts on the retention of a composite resin. *J Prosthet Dent.* 2008; 99(1): 38-45.
40. Zarone F, Sorrentino R, Apicella D, Valentino B, Ferrari M, Aversa R *et al.* Evaluation of the biomechanical behavior of maxillary central incisors restored by means of endocrowns compared to a natural tooth: a 3D static linear finite elements analysis. *Dent Mater.* 2006; 22(11): 1035-44.

*De acordo com a norma da UNICAMP/FOP, baseado na norma do International Committee of Medical Journal Editors – Grupo de Vancouver. Abreviatura dos periódicos em conformidade com a Medline.

Anexo 1

Aplicação do teste t-Student, para comparar os grupos (G1) e (G2).

T-Test

Notes

| | | |
|-------------------------------|---------------------------------------|--|
| Output Created | | 13-JAN-2009 21:21:19 |
| Comments | | |
| Input | Filter | <none> |
| | Weight | <none> |
| | Split File | <none> |
| | N of Rows in Working Data File | 20 |
| Missing Value Handling | Definition of Missing | User defined missing values are treated as missing. |
| | Cases Used | Statistics for each analysis are based on the cases with no missing or out-of-range data for any variable in the analysis. |
| Syntax | | T-TEST /TESTVAL = 0 /MISSING = ANALYSIS /VARIABLES = valores /CRITERIA = CI(.95) . |
| Resources | Elapsed Time | 0:00:00,00 |

One-Sample Statistics

| | N | Mean | Std. Deviation | Std. Error Mean |
|----------------|----|---------|----------------|-----------------|
| valores | 20 | 13,8883 | 3,00607 | ,67218 |

One-Sample Test

| | Test Value = 0 | | | | | |
|----------------|----------------|----|-----------------|-----------------|---|---------|
| | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | | | | Lower | Upper |
| valores | 20,662 | 19 | ,000 | 13,88825 | 12,4814 | 15,2951 |

Anexo 2

Análise de variância fatorial ANOVA (3 tempos de aplicação x 2 concentrações) para comparar entre si os grupos tratados com H₂O₂.

Univariate Analysis of Variance

| | | Notes |
|-------------------------------|--|---|
| Output Created | | 30-OCT-2008 15:50:38 |
| Comments | | |
| Input | Filter | <none> |
| | Weight | <none> |
| | Split File | <none> |
| | N of Rows in Working Data File | 60 |
| Missing Value Handling | Definition of Missing | User-defined missing values are treated as missing. |
| | Cases Used | Statistics are based on all cases with valid data for all variables in the model. |
| Syntax | UNIANOVA valores BY concentração tempo /METHOD = SSTYPE(3) /INTERCEPT = INCLUDE /POSTHOC = concentração tempo (TUKEY) /EMMEANS = TABLES(OVERALL) /EMMEANS = TABLES(concentração) /EMMEANS = TABLES(tempo) /EMMEANS = TABLES(concentração*tempo) /PRINT = DESCRIPTIVE HOMOGENEITY /CRITERIA = ALPHA(.05) /DESIGN = concentração tempo concentração*tempo . | |
| Resources | Elapsed Time | 0:00:00,08 |

| Warnings |
|--|
| Post hoc tests are not performed for concentração because there are fewer than three groups. |

| Between-Subjects Factors | | | |
|--------------------------|------|-------------|----|
| | | Value Label | N |
| concentração | 1,00 | 24% | 30 |

| | | | |
|--------------|-------------|-------|----|
| | 2,00 | 50% | 30 |
| tempo | 1,00 | 1min | 20 |
| | 2,00 | 5min | 20 |
| | 3,00 | 10min | 20 |

| Descriptive Statistics | | | | |
|-------------------------------|--------------|-------------|-----------------------|----------|
| Dependent Variable: valores | | | | |
| concentração | tempo | Mean | Std. Deviation | N |
| 24% | 1min | 25,4177 | 5,13420 | 10 |
| | 5min | 27,3883 | 2,82895 | 10 |
| | 10min | 26,1469 | 6,48204 | 10 |
| | Total | 26,3176 | 4,93849 | 30 |
| 50% | 1min | 24,3342 | 2,95031 | 10 |
| | 5min | 28,1502 | 5,28827 | 10 |
| | 10min | 22,1894 | 4,96969 | 10 |
| | Total | 24,8913 | 5,03307 | 30 |
| Total | 1min | 24,8760 | 4,11319 | 20 |
| | 5min | 27,7693 | 4,14615 | 20 |
| | 10min | 24,1682 | 5,97689 | 20 |
| | Total | 25,6044 | 4,99561 | 60 |

| Levene's Test of Equality of Error Variances(a) | | | |
|---|------------|------------|-------------|
| Dependent Variable: valores | | | |
| F | df1 | df2 | Sig. |
| 1,477 | 5 | 54 | ,213 |
| Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups. | | | |
| a Design: Intercept+concentração+tempo+concentração * tempo | | | |

| Tests of Between-Subjects Effects | | | | | |
|--|--------------------------------|-----------|--------------------|----------|-------------|
| Dependent Variable: valores | | | | | |
| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| Corrected Model | 232,682(a) | 5 | 46,536 | 2,027 | ,089 |
| Intercept | 39335,272 | 1 | 39335,272 | 1713,361 | ,000 |
| concentração | 30,518 | 1 | 30,518 | 1,329 | ,254 |
| tempo | 145,601 | 2 | 72,800 | 3,171 | ,050 |
| concentração * tempo | 56,564 | 2 | 28,282 | 1,232 | ,300 |
| Error | 1239,730 | 54 | 22,958 | | |
| Total | 40807,684 | 60 | | | |

| | | | | |
|--|----------|----|--|--|
| Corrected Total | 1472,412 | 59 | | |
| a R Squared = ,158 (Adjusted R Squared = ,080) | | | | |

Estimated Marginal Means

| 1. Grand Mean | | | |
|-----------------------------|------------|-------------------------|-------------|
| Dependent Variable: valores | | | |
| Mean | Std. Error | 95% Confidence Interval | |
| | | Lower Bound | Upper Bound |
| 25,604 | ,619 | 24,364 | 26,845 |

| 2. concentração | | | | |
|-----------------------------|--------|------------|-------------------------|-------------|
| Dependent Variable: valores | | | | |
| concentração | Mean | Std. Error | 95% Confidence Interval | |
| | | | Lower Bound | Upper Bound |
| 24% | 26,318 | ,875 | 24,564 | 28,071 |
| 50% | 24,891 | ,875 | 23,137 | 26,645 |

| 3. tempo | | | | |
|-----------------------------|--------|------------|-------------------------|-------------|
| Dependent Variable: valores | | | | |
| tempo | Mean | Std. Error | 95% Confidence Interval | |
| | | | Lower Bound | Upper Bound |
| 1min | 24,876 | 1,071 | 22,728 | 27,024 |
| 5min | 27,769 | 1,071 | 25,621 | 29,917 |
| 10min | 24,168 | 1,071 | 22,020 | 26,316 |

| 4. concentração * tempo | | | | | |
|--------------------------------|-------|--------|------------|-------------------------|-------------|
| Dependent Variable: valores | | | | | |
| concentração | tempo | Mean | Std. Error | 95% Confidence Interval | |
| | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| 24% | 1min | 25,418 | 1,515 | 22,380 | 28,455 |
| | 5min | 27,388 | 1,515 | 24,351 | 30,426 |
| | 10min | 26,147 | 1,515 | 23,109 | 29,185 |
| 50% | 1min | 24,334 | 1,515 | 21,296 | 27,372 |
| | 5min | 28,150 | 1,515 | 25,112 | 31,188 |
| | 10min | 22,189 | 1,515 | 19,152 | 25,227 |

Post Hoc Tests

tempo

| Multiple Comparisons | | | | | | |
|-----------------------------|-----------|-----------------------|------------|------|-------------------------|-------------|
| Dependent Variable: valores | | | | | | |
| Tukey HSD | | | | | | |
| (I) tempo | (J) tempo | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval | |
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| 1min | 5min | -2,8933 | 1,51519 | ,146 | -6,5449 | ,7583 |
| | 10min | ,7078 | 1,51519 | ,887 | -2,9438 | 4,3594 |
| 5min | 1min | 2,8933 | 1,51519 | ,146 | -,7583 | 6,5449 |
| | 10min | 3,6011 | 1,51519 | ,054 | -,0505 | 7,2527 |
| 10min | 1min | -,7078 | 1,51519 | ,887 | -4,3594 | 2,9438 |
| | 5min | -3,6011 | 1,51519 | ,054 | -7,2527 | ,0505 |

Based on observed means.

Homogeneous Subsets

| valores | | |
|-----------|----|---------|
| Tukey HSD | | |
| tempo | N | Subset |
| | | 1 |
| 10min | 20 | 24,1682 |
| 1min | 20 | 24,8760 |
| 5min | 20 | 27,7693 |
| Sig. | | ,054 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 22,958.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 20,000.
b Alpha = ,05.

Anexo 3

Post Hoc Tests Dunnett, para comparar o grupo controle (G2), com os grupos experimentais tratados com peróxido de hidrogênio em análise de fator único.

Oneway

| Notes | | |
|-------------------------------|---------------------------------------|---|
| Output Created | | 21-JAN-2009 19:19:55 |
| Comments | | |
| Input | Filter | <none> |
| | Weight | <none> |
| | Split File | <none> |
| | N of Rows in Working Data File | 70 |
| Missing Value Handling | Definition of Missing | User-defined missing values are treated as missing. |
| | Cases Used | Statistics for each analysis are based on cases with no missing data for any variable in the analysis. |
| Syntax | | ONEWAY valores BY grupos /STATISTICS HOMOGENEITY /MISSING ANALYSIS /POSTHOC = DUNNETT ALPHA(.05). |
| Resources | Elapsed Time | 0:00:01,66 |

| Test of Homogeneity of Variances valores | | | |
|---|-----|-----|------|
| Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
| 2,174 | 6 | 63 | ,057 |

| ANOVA valores | | | | | |
|-----------------------|----------------|----|-------------|-------|------|
| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | 1086,015 | 6 | 181,002 | 8,890 | ,000 |
| Within Groups | 1282,669 | 63 | 20,360 | | |
| Total | 2368,684 | 69 | | | |

Post Hoc Tests

| Multiple Comparisons | | | | | | |
|-----------------------------|------------------|-----------------------|------------|------|-------------------------|-------------|
| Dependent Variable: valores | | | | | | |
| Dunnnett t (2-sided) | | | | | | |
| (I) grupos | (J) grupos | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval | |
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| 24% 1min | silano + adesivo | 9,79100(*) | 2,01791 | ,000 | 4,4677 | 15,1143 |
| 24% 5min | silano + adesivo | 11,76160(*) | 2,01791 | ,000 | 6,4383 | 17,0849 |
| 24% 10min | silano + adesivo | 10,52020(*) | 2,01791 | ,000 | 5,1969 | 15,8435 |
| 50% 1min | silano + adesivo | 8,70750(*) | 2,01791 | ,000 | 3,3842 | 14,0308 |
| 50% 5min | silano + adesivo | 12,52350(*) | 2,01791 | ,000 | 7,2002 | 17,8468 |
| 50% 10min | silano + adesivo | 6,56270(*) | 2,01791 | ,010 | 1,2394 | 11,8860 |

* The mean difference is significant at the .05 level.

a Dunnnett t-tests treat one group as a control, and compare all other groups against it.